Es gibt für den menschlichen Geist kein **NIEMALS**, höchstens ein **NOCH NICHT**.

Die Frau im Mond, Fritz Lang 1929

Können wir extrasolare Planeten erreichen?

Dr. Bernd Pfeiffer
Astronomische Gesellschaft
Astronomische Arbeitsgemeinschaft Mainz

- Persönliche Anregungen
- Historischer Überblick
- Nachweis extrasolarer Planeten
- Reisezeiten mit heutiger Raketentechnik
- Alternative Antriebstechniken
- Hilft die Kernenergie weiter?
  - Spaltung
  - Fusion
- Anregungen bei Science Fiction?
- Müssen wir selber hinfliegen?

Blick von Gliese 581c auf GJ 581

Tribut an das Astronomiejahr

**“Man schaffe Schiffe und Segel, die sich für die Himmelsluft eignen.
Dann wird es auch Menschen geben, die vor der öden Weite des Raums nicht zurückschrecken werden.”**

Johannes Kepler: "Dissertatio cum Nuncio Sidereo", Prag 1610

IOANNIS KEPLERI
Mathematici Cæsarei
DISSERTATIO
Cum
NVNCIO SIDEREO
nuper ad mortales misso
à
GALILÆO GALILÆO
Mathematico Patavino.

Alcinous.

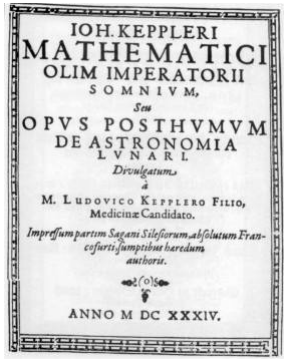
Cum Privilegio Imperatorio.

PRAGÆ,
TYPIS DANIELIS SEDESANI.
Anno Domini, M. DC. X.

SIDEREVS
NVNCIVS
MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens
unicuique, præsertim verò
PHILOSOPHIS, atq; ASTRONOMIS, quæ à
GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO
Patauini Gymnasij Publico Mathematico
PERSPICILLI
QVATVOR PLANETIS
circa IOVIS stellam disparibus motibus, atque periodis, celeritate mirabili circumvolutis, quos, nemini adhuc visos
MEDICEA SIDERA
NVNCVPANDOS DECREVIT.

VENETIIS, Apud Thomam Baglionum. M DC X.

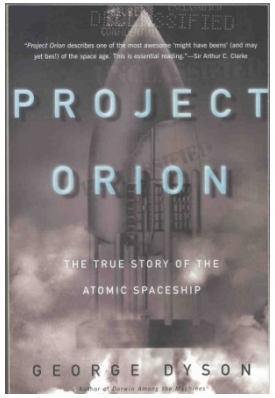
Kepler beschäftigte sich auch später noch mit Reisen zu Himmelskörpern. Im posthum publizierten “Somnium” gelangt man allerdings mit magischen Praktiken zum Mond.



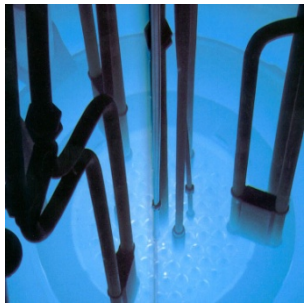
IOH. KEPPLERI
MATHEMATICI
OLIM IMPERATORII
SOMNIVM,
Seu
OPVS POSTHVMVM
DE ASTRONOMIA
LVNARI
Divulgatum
à
M. LUDOVICO KEPPLERO FILIO,
Medicinæ Candidato.
ANNO M DC XXXIV.

Keplers Kommentare zu den Entdeckungen Galileis mit dem Teleskop

Anregungen zum Thema



Eine Motivation für die Wahl des Themas waren 2 Vorträge, einen von mir gehaltenen über den Einsatz von Atombomben in der Raumfahrt und einen von Prof. Scheidenberger über den Nachweis extrasolarer Planeten auf einem Workshop in den Alpen. Ich wollte den letzten Vortrag ergänzen um eine kurze Darstellung der Möglichkeiten, diese fremden Planeten zu erreichen, doch war damals die Zeit zu knapp.

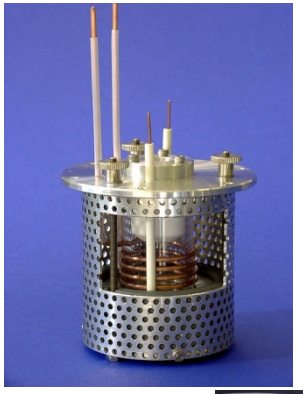


TRIGA MARK II
Neutronenquelle

Bei den Vorbereitungen bemerkte ich, dass das Thema mehr Bezüge zu meinen Arbeiten und meiner Arbeitsstätte hatte, als ich dachte, auch wenn ich noch nicht die Idee hatte, die Sterne zu besuchen, deren Elementgehalt ich erklären wollte. Und ob die uralten Sterne, für die ich mich interessiere, Planeten haben können, ist höchst unwahrscheinlich.

Teststand JUMBO

Auch kam mir die Erinnerung an eine der ersten Spezialvorlesungen im Physikstudium bei Prof. Löb in Gießen über die Physik der Raketen, gehalten von einem der Pioniere der Ionentriebwerke.



Mikro-Radiofrequenz-Ionentriebwerk
Der gestrandete ESA-Satellit ARTEMIS wurde mit solch kleinen Ionentriebwerken gerettet.

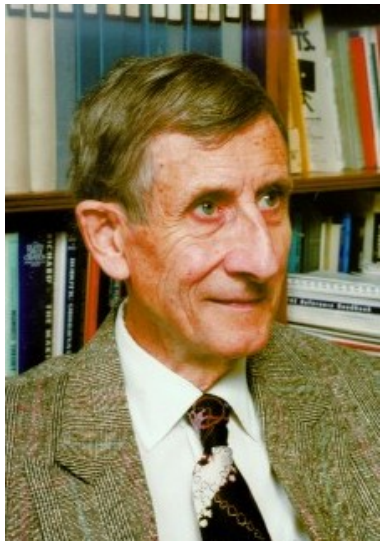
http://www.staff.uni-mainz.de/bpfeiffe/mz_ws06.pdf
http://www.uni-mainz.de/Organisationen/vistars/talks_russbach2007/russbach2007_scheidenberger.pdf

The birth of TRIGA

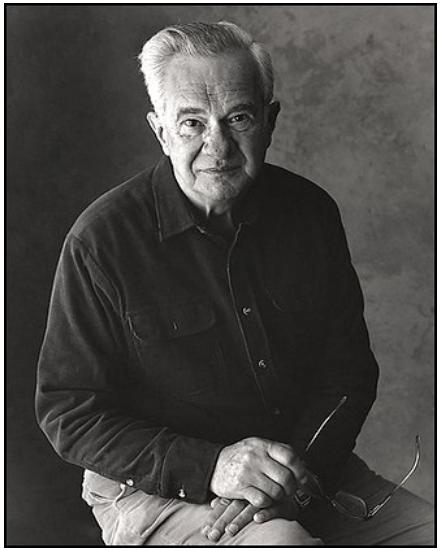
The original TRIGA patent, “Reactor with Prompt Negative Temperature Coefficient and Fuel Element Therefor,” was filed on May 9, 1958, by Theodore Taylor, Andrew McReynolds, and Freeman Dyson and assigned to General Atomic on March 31,1964 (Fig. 4).

Fig. 6. Standard TRIGA fuel element

Die inhärente Sicherheit beruht auf dem negativen Temperaturkoeffizienten der UZrH-Brennelemente.



Freeman Dyson (1923)



Theodore Brewster Taylor (1925-2004)

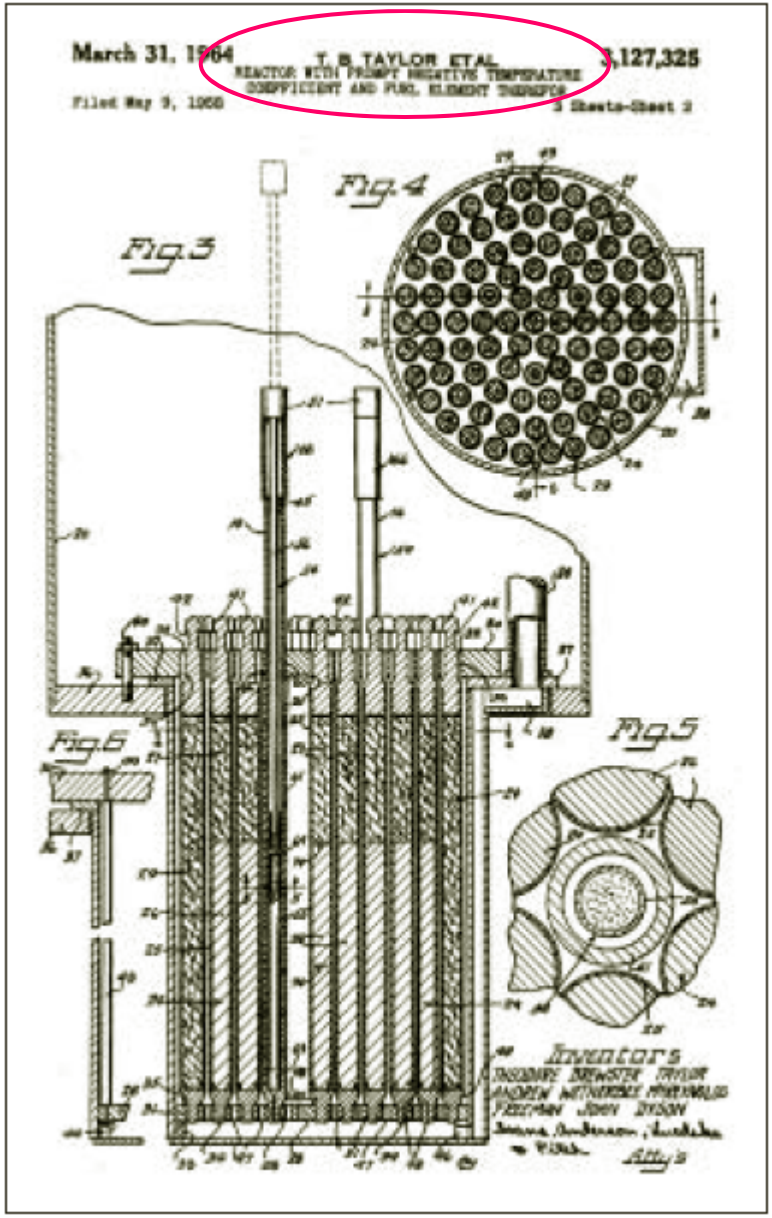


Fig. 4. U.S. Patent No. 3,127,325, filed May 9, 1958

“Die Erde ist die Wiege der Menschheit, aber der Mensch kann nicht ewig in der Wiege bleiben!”
Konstantin E. Ziolkowski, 1895

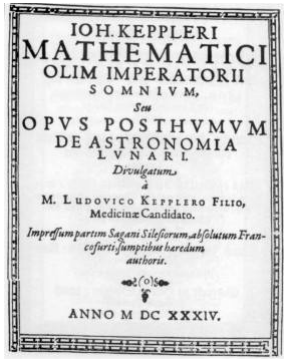
Viele Menschen glauben, dass fremde Welten bewohnt sind.

Unzählige Sonnen existieren, unzählige Erden umkreisen diese Sonnen, so wie die sieben Planeten unsere Sonne umkreisen. Lebendige Wesen bewohnen diese Welten.
Dell' infinito universo e dei mondi, Giordano Bruno, 1584

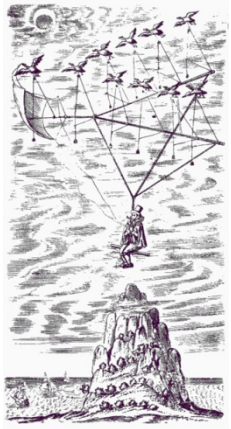
Und schon seit jeher träumten die Menschen davon, zu den Himmelskörpern zu fliegen und Kontakt zu den dortigen Zivilisationen aufzunehmen.

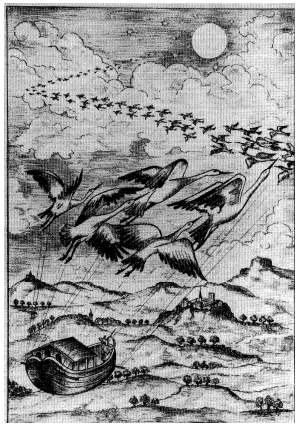
Etana Mythos (Akkadisches Rollsiegel, 2200 v.Chr.)

Lukianos, um 170 AD

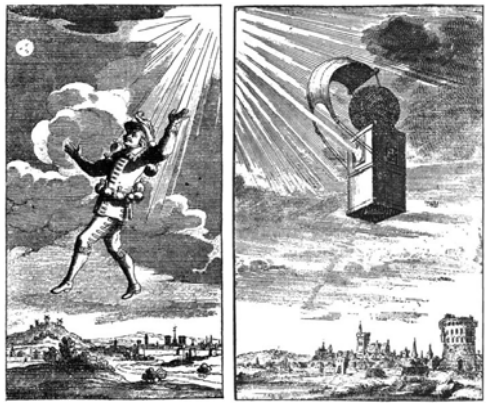

IOH. KEPPLERI
MATHEMATICI
OLIM IMPERATORII
SOMNIVM,
Seu
OPVS POSTHVMVM
DE ASTRONOMIA
LVNARI
Divulgatum
a
M. LUDOVICO KEPPLERO FILIO,
Medicinæ Candidato.
Impressum partim Sagani Silesiorum, absolutum Francofurti, sumptibus heredum authoris.
ANNO M DC XXXIV.

Keplers „Traum“
Das Manuskript soll mit Auslöser des Hexenprozesses seiner Mutter gewesen sein.





F. Godwin (ca. 1600) J. Wilkins (1638)



Savinien Cyrano de Bergerac
„L‘autre-monde“ (1657/62)

Jules Verne
„De la Terre à la Lune“
„Autour de la Lune“

Fermi-Paradoxon

Die Frage, ob es noch weitere technisch hochstehende Zivilisationen gibt, wurde auch in der Kantine von Los Alamos beim Mittagessen diskutiert.

Enrico Fermi machte 1950 eine Überschlagsrechnung:

Eine entwickelte Zivilisation, die interstellare Reisen mit ca. 1% der Lichtgeschwindigkeit durchführen kann, benötigt zur Durchquerung und Kolonisation der Milchstraße (100.000 Lj) einige 10 Mill. Jahre, nur ein flüchtiger Augenblick im Leben des Universums.

Los Alamos Badge

Die Galaxis sollte also unzählige raumfahrende Zivilisationen beherbergen.

Das Paradoxon besteht nun darin, dass wir bisher noch keine Hinweise auf extraterrestrische Zivilisationen gefunden haben! *(Wenn wir mal von Erich von Däniken absehen.)*

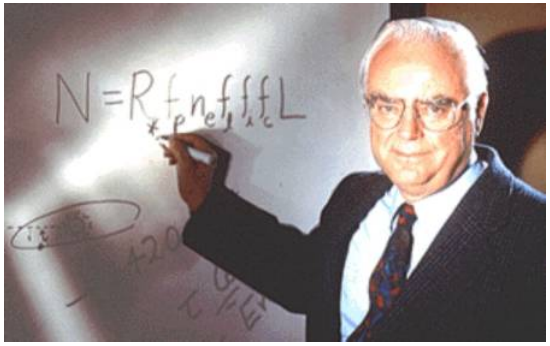
Seit über 50 Jahren wird dieses Paradoxon diskutiert, es existiert eine umfangreiche Literatur. Heute Abend möchte ich nur drei der diskutierten Lösungen erwähnen:

- Es gibt zwar alle diese Zivilisationen, doch sie wollen mit uns nichts zu tun haben.
- Interstellare Reisen sind technisch unmöglich.

  Dies war ein Motiv zur Durchführung der Machbarkeitsstudie "Projekt Daedalus".
- Wir sind allein!

Man sollte nicht unerwähnt lassen, dass die Diskussionen reichlich "akademisch" waren, da noch nicht einmal fremde Planeten entdeckt waren, geschweige denn extraterrestrisches Leben!

Drake-Gleichung



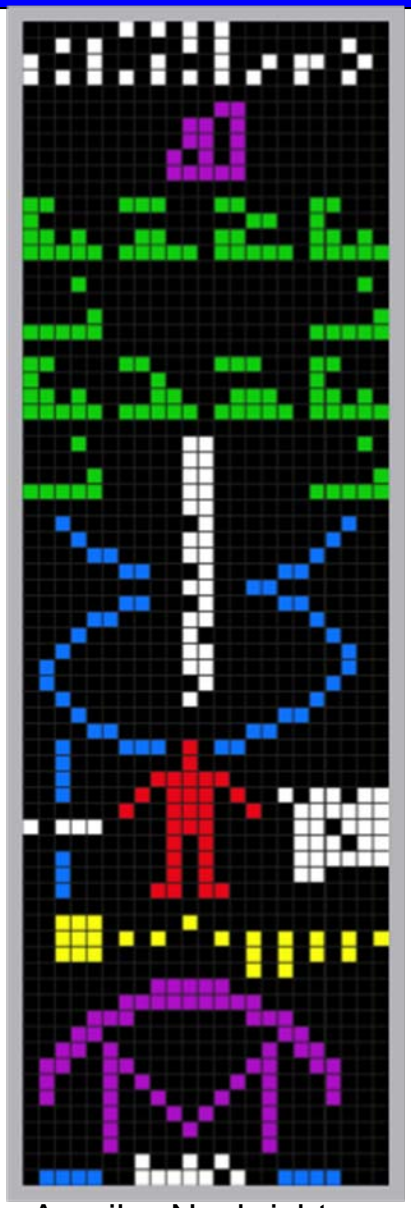
Auf einer Konferenz in Green Bank, USA, im November 1960 stellte Frank Drake eine Abschätzung der Zahl der technologisch fortgeschrittenen Zivilisationen in der Milchstraße vor, die miteinander kommunizieren könnten:

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

Die Parameter sind äußerst unsicher. Das Einzige was wir wissen ist, dass die Anzahl $N \geq 1$ sein muss, da wir selbst schon Botschaften ins All sendeten. Die Entdeckung der Exoplaneten grenzt einige Werte ein, die Bedingungen für das Entstehen von Leben sind weiterhin völlig ungewiss.

(Neues) Green Bank Teleskop

Arecibo-Teleskop

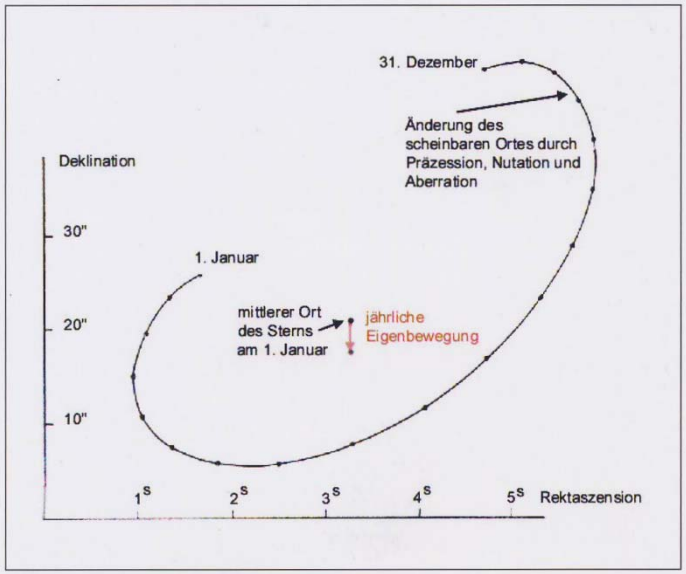


Arecibo-Nachricht
16.11.1974

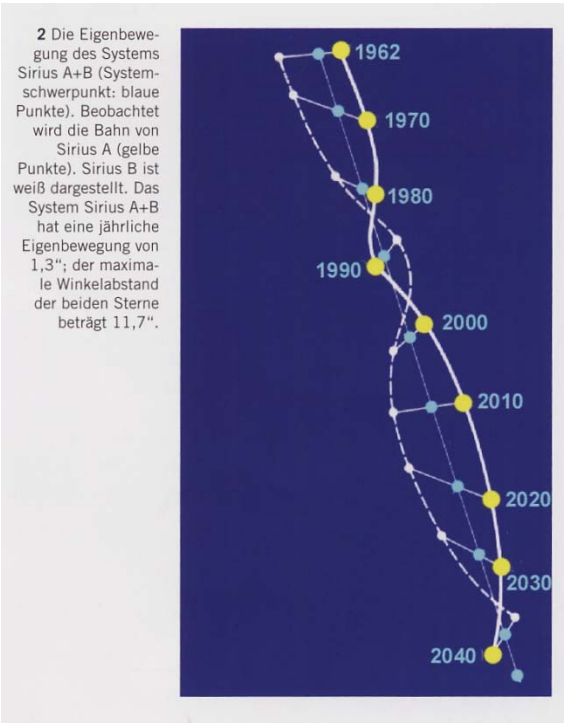
Nachweis extrasolarer Planeten

Alle glaubten daran! Doch wieso gelang erst nach 1990 der Nachweis?

Es sei daran erinnert, dass Astronomen seit dem Altertum nach der Parallaxe der Fixsterne bis 1836 vergeblich gesucht hatten. Zum einen waren die Instrumente zu ungenau und zum andern mussten erst noch unerwartete “Bewegungen” entdeckt und dann herausgerechnet werden.
Im Bild links ist die gesuchte Parallaxe kleiner als einer der Punkte.



1 Die Positionsänderungen des Sterns Ross 248. Die parallaktische Ellipse ist kleiner als der Punkt im mittleren Ort des Sterns (nach [2]).



2 Die Eigenbewegung des Systems Sirius A+B (Systemschwerpunkt: blaue Punkte). Beobachtet wird die Bahn von Sirius A (gelbe Punkte). Sirius B ist weiß dargestellt. Das System Sirius A+B hat eine jährliche Eigenbewegung von 1,3“; der maximale Winkelabstand der beiden Sterne beträgt 11,7“.

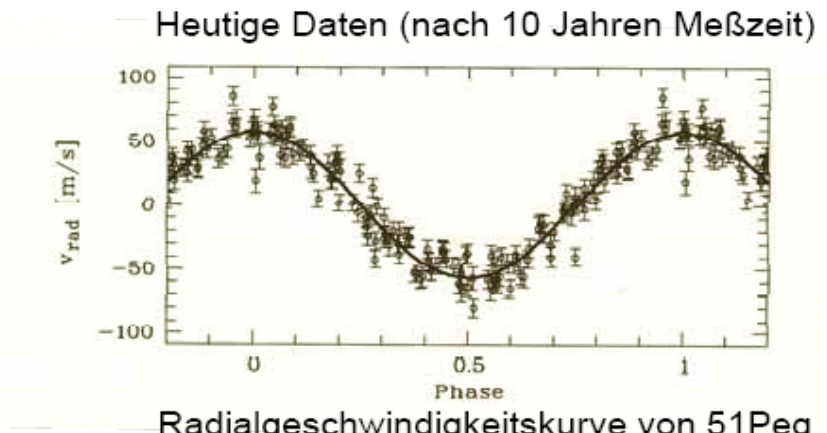
Mit der astrometrischen Methode wurden unsichtbare Begleiter gefunden, wie der Weiße Zwerg bei Sirius. Beobachtungen von Planeten um nahe Sterne wie Peter van de Kamps Messungen an Barnards Pfeilstern 1937 konnten mit präziseren Instrumenten nicht bestätigt werden.
Erst kürzlich gelang der erste Nachweis eines Gasriesen um den M-Zwerg VB10.

Gibt es andere Verfahren?

Alternative Techniken

Radialgeschwindigkeit

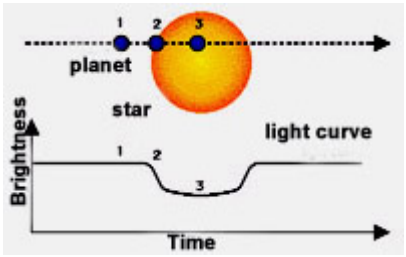
Entgegen der Schulweisheit bewegen sich die Planeten nicht um eine feststehende Sonne, sondern alle Körper des Systems bewegen sich um den gemeinsamen Schwerpunkt, also auch die Sonne.
In unserem System hat der massereiche Jupiter die größte Wirkung. Man ging also davon aus, dass der äußerst geringe Effekt nur über einen Zeitraum von einem Jahrzehnt beobachtet werden könnte.
Zwei Gruppen begannen Daten zu sammeln.
Eine war zu ungeduldig und entdeckte 1995 einen Planeten um 51 Peg, der sich entgegen aller Erwartungen nahe am Stern aufhielt, obwohl er ein Gasriese ist: “Hot Jupiters”.

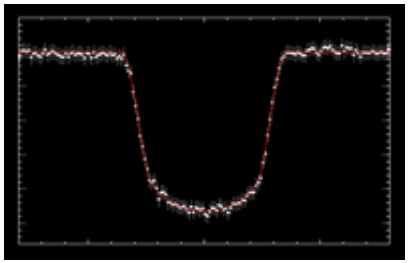


Radialgeschwindigkeitskurve von 51Peg
(nach M. Mayor und D. Queloz, Genf)

Transit

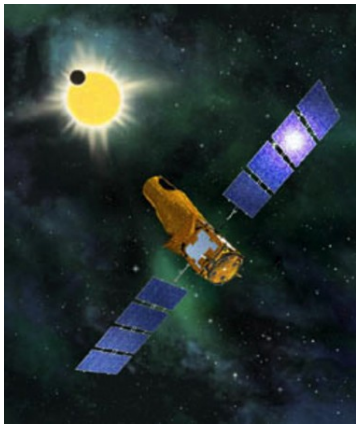
Ein weiteres Verfahren entspricht den Transits von Merkur oder Venus vor der Sonne, wobei das Sonnenlicht abgeschwächt wird. Dies kann sogar von gut ausgerüsteten Amateuren angewandt werden.





Lichtkurve von CoRoT-Exo-1b

Der Exoplanet CoRot-Exo-7b hat etwa 2 Erdmassen. Er umkreist einen sonnenähnlichen Stern in 20 h. Bei einer Temperatur von 1000 °C ist jedoch kein Leben möglich.

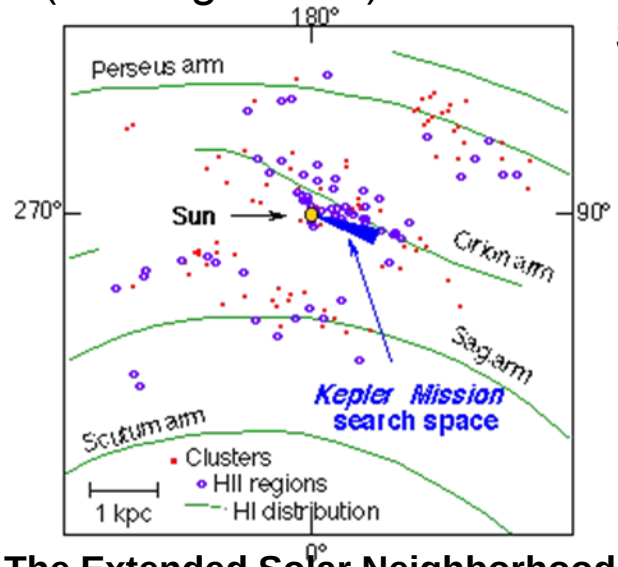


CoRoT

Diese Technik ist auch ambitionierten Amateuren zugänglich.

Kepler Mission

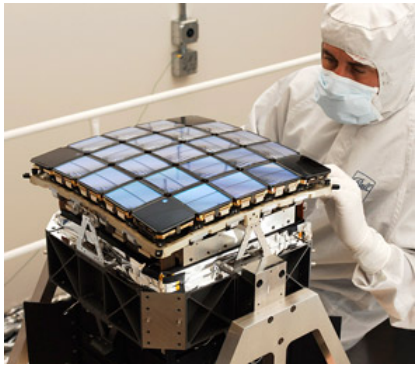
Die Sonde *Kepler* soll die Helligkeit von 100000 Sternen in Cygnus permanent über 3 Jahre beobachten. Ihre Kamera besteht aus 42 CCD-Chips mit je 2200*1024 Pixel (95 Mega-Pixel). Damit das Feld nicht von der Erde bedeckt werden kann, ist die Sonde in Sonnenorbit, etwas langsamer als die Erde.



The Extended Solar Neighborhood
The figure shows what we believe to be the local structure of our Galaxy, the Milky Way. The stars sampled are similar to the immediate solar neighborhood. Young stellar clusters, ionized hydrogen (HII) regions and the neutral hydrogen (HI) distribution define the arms of the Galaxy.

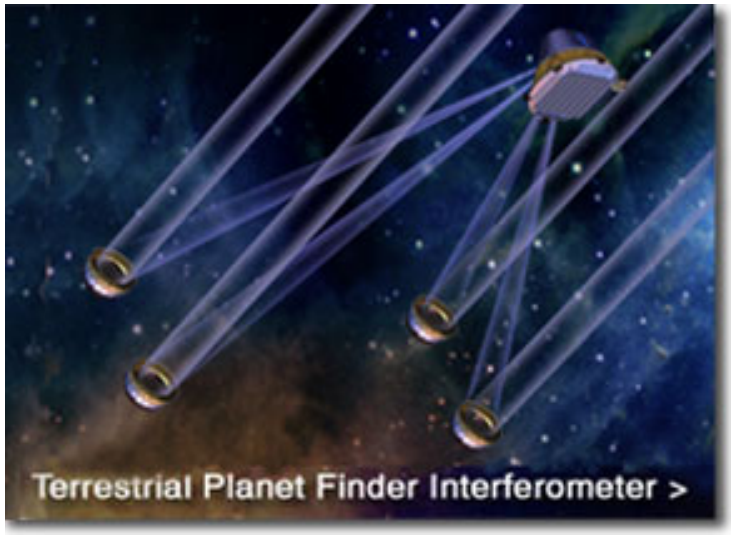
Ziel ist die Entdeckung erdähnlicher Planeten. Darum beobachtet man ein sonnennahes Feld im Orionarm der Milchstraße. Diese sonnenähnlichen Sterne mit gleichem Abstand zum galaktischen Zentrum sollten die gleichen Bedingungen für die Bildung von Planeten haben.

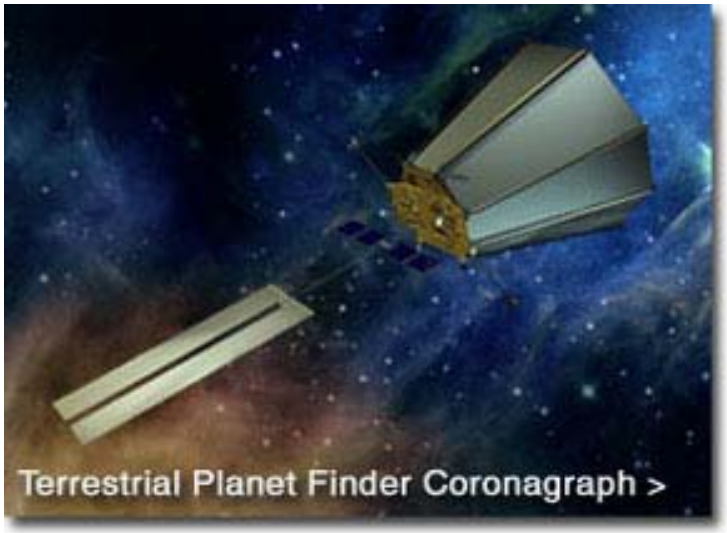
Start am 6.3.2009

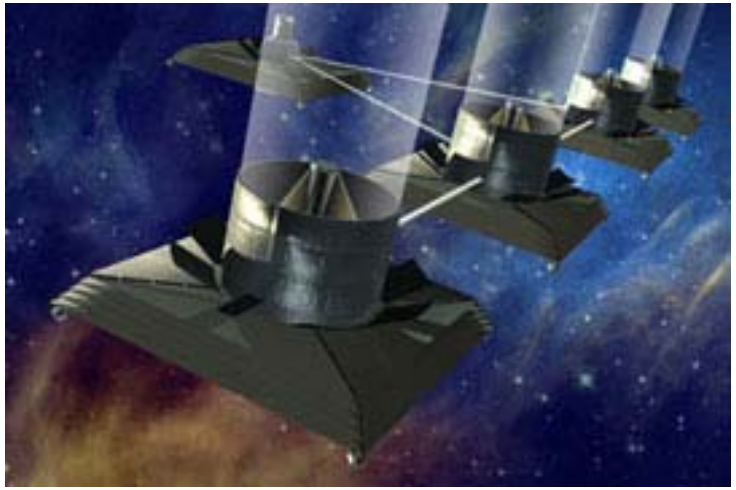


Terrestrial Pathfinder

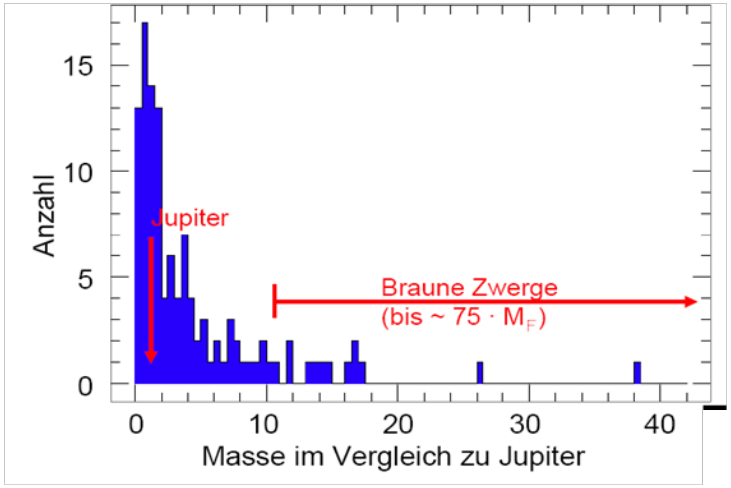
Der ambitionierte *Terrestrial Pathfinder* ist bisher nur eine Projektstudie der NASA.

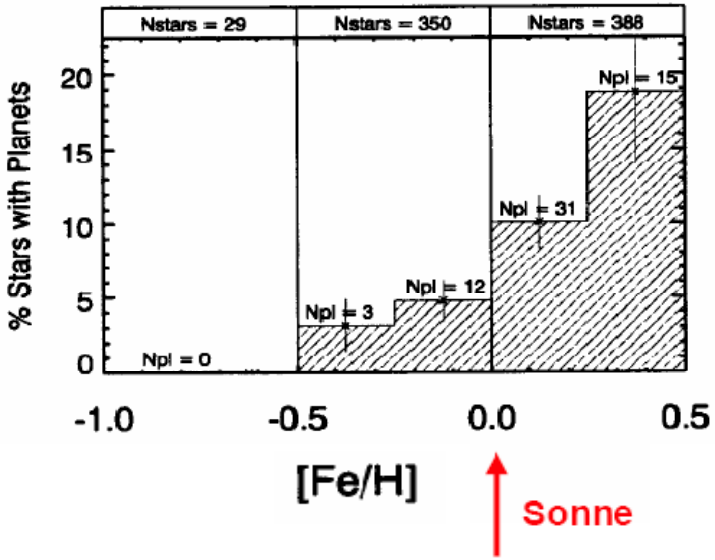






Die “Zweite Erde”?



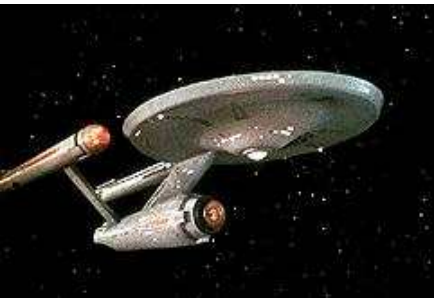


Der Hauptantrieb besteht natürlich nicht darin, irgendwelche Planeten zu entdecken, sondern erdähnliche Planeten, die möglichst noch von intelligenten Wesen bewohnt sind, die wir kontaktieren können. Deshalb konzentriert sich die Suche auch auf sonnenähnliche Sterne. Doch die heutigen Geräte können am besten Gasriesen sehr nahe am Stern auffinden, die sehr heiß sind.
Vor einigen Monaten verkündeten Genfer Astronomen, nun einen erdähnlichen Planeten um den roten Zwergstern Gliese 581 gefunden zu haben. Sie schätzten die Temperatur auf 0 bis 40°. Damit könnte Wasser als Voraussetzung für Leben vorhanden sein.

The Planetary System in Gliese 581
(Artist's Impression)
ESO Press Photo 22a/07 (25 April 2007)

Klimaexperten wiederprechen zwar dieser Abschätzung für GJ581c, doch könnte ein weiterer Planet, GJ581d einfache Lebewesen beherbergen.

Die “Zweite Erde” ist noch nicht gefunden, doch stehen wir erst am Anfang!



In der ScienceFiction stellen die immensen Entfernungen zu Sternen kein Problem dar, man manipuliert einfach die Raum-Zeit: z.B. “Warp-Antrieb” der USS Enterprise.

Doch welche Techniken stehen uns heute zur Verfügung?

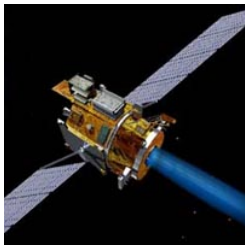
A) Im All erprobte Techniken

Wan Hu, ~1500

Die schon seit dem 13. Jahrhundert militärisch eingesetzten chemischen Raketen (Liegnitz 1241, Kopenhagen, Colonel Congreves Raketencorps in der Völkerschlacht, Sezessionskrieg) beflügelten auch schon lange den Erfindungsgeist potentieller Raumfahrer.
Der Mandarin Wan Hu soll 47 Raketen unter einem Sitz befestigt haben und dann von seinen Dienern gleichzeitig zünden lassen. **Man sah ihn nie wieder!**
Diese Technik ist jetzt zuverlässiger und das „Arbeitspferd“.

Congreve um 1815

Alternative Techniken, z.B. Ionentriebwerke, wurden auch schon erprobt, doch stecken sie noch in den Kinderschuhen. Der Schub der Testmodelle ist noch sehr bescheiden.



B) Noch nicht im Flug erprobte Techniken

Die Supermächte haben viel Geld in den Einsatz der Kernenergie für Raketenantriebe gesteckt, doch ohne über Teststände am Boden hinauszukommen. Privat finanzierte Sonnensegel scheiterten bisher am Versagen der (chemischen) Trägerraketen.

Raketen mit chemischen Triebwerken

$$v_G \ln \frac{m_0}{m_E} = v_E - v_0$$

Raketengrundgleichung:
Hohe Gasgeschwindigkeit v_G und
hohes Verhältnis Start- zu Endmasse
bedeuten hohe Geschwindigkeit

Mit heutiger Technologie kann eine 1-stufige Rakete etwa 9 km/s erreichen, also in erdnahen Orbit wie das Space Shuttle (kein Mondflug!).
(Tatsächlich ist das Shuttle parallelgestuft durch die Feststoffbooster, also eher 2-stufig.)
Mehrstufen-Systeme können zu den Gasplaneten gelangen.

Doch kommen wir damit zu den Sternen?

Fluchtgeschwindigkeit

A) Erde
- Für Satelliten > 8 km/s
- Mond und weiter 11 km/s

B) Sonnensystem
- Sonnenoberfläche 617 km/s
- Erdorbit 42 km/s
- Jupiter 18 km/s

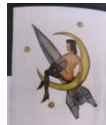
Spec. Imp. * 10 m/s^2 = v_G in m/s

Table 1

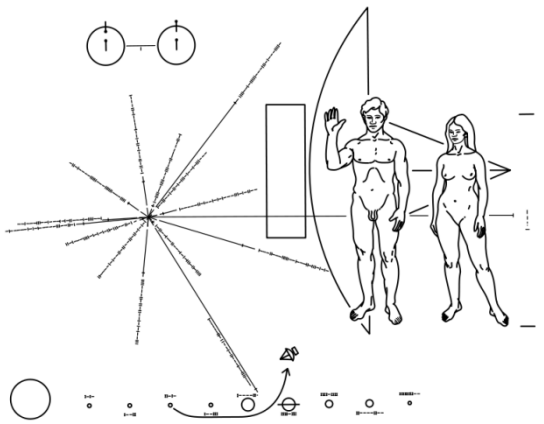
Propellant	Specific Impulse	Example/Comment
Ammonium perchorlate/ organic polymers/ powdered aluminum	290 [s]	Minuteman, space shuttle solid boosters
Nitrogen tetroxide/ monomethyl hydrazine	310	Titan
LOX/kerosene	350	Saturn V's F-1 engines
LOX/LH2	450	Space shuttle main engines
Solid-core nuclear rocket	800 to 1000-1200?	NERVA. Technology demonstrated.
Liquid-core nuclear rocket	To 3000	Research inconclusive as to practicality
Gas-core nuclear rocket	To 8000	Research inconclusive as to practicality.
Fission fragment ORION	Up to millions*	Different concepts. Orion-type may be practical.
Thermonuclear/fusion Daedalus	Up to millions *	Different concepts, none currently practical.
Antimatter	Up to millions*	Different concepts, none practical.

*Authorities differ on the limits of specific impulse for these concepts.

Ionentriebwerke erreichten schon 4000 s, doch bei geringem Schub.

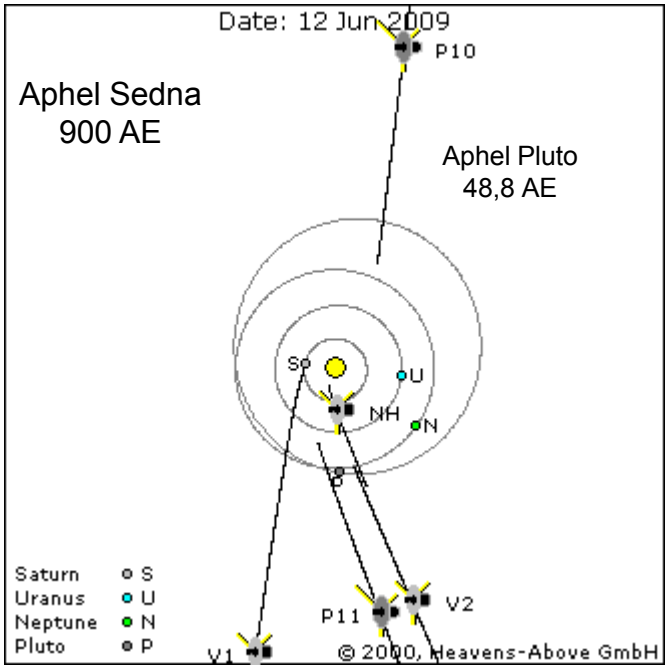


Boten der Menschheit



Sonden am Rande des Sonnensystems

- Pioneer 10 2.3.1972
- Pioneer 11 6.4.1973
- Voyager 1 5.9.1977
- Voyager 2 20.8.1977
- *(New Horizon 19.1.2006)*



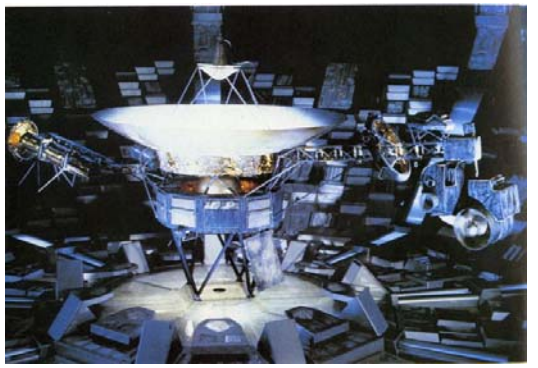
Die Sonden raubten dem Jupiter etwas Energie und können das Sonnensystem verlassen. Sie sind ca. 100 AE entfernt und werden in 10 Jahren den interstellaren Raum erreichen. Sie haben eine Geschwindigkeit von max. 17 km/s, in einem Jahr legen sie bis 3.6 AU zurück.

Pioneer 10 fliegt in Richtung des Sterns Aldebaran, dem rechten Auge des Stiers.

Wann wird sie dort ankommen?
d/v = 65Lj * 63240AE / 2.6AE

In ca. 1.600.000 Jahren!

Haben wir Alternativen?

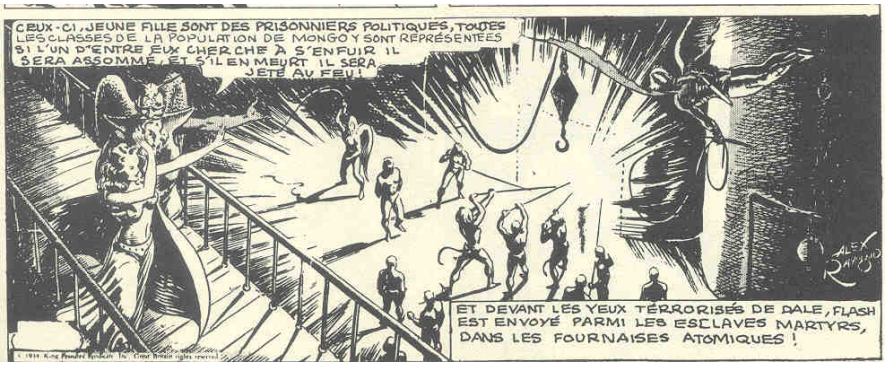


V'GER in *Star Trek: Der Film*

The Universe is run by nuclear energy. Space will be conquered only by manned nuclear-powered vehicles!

Dr. Krafft Arnold Ehricke, Peenemünde, später USA (Atlas-Rakete)

Schon die frühen Raketenpioniere um 1900 ahnten, dass chemische Raketen nicht ausreichen würden. Die Entdeckung der Radioaktivität 1896 versprach Wunderdinge. Lange setzten alle auf das 1898 von Marie Curie entdeckte Radium, sei es die Strahlung oder die Energie. Doch sehr spekulativ! Als es Gramm-Mengen gab, wollte man z.B. mit 880 Pfund Radium in 3 Tagen zur Venus fliegen.



In den Weltraumabenteuern von Flash Gordon 1933/5 wird Radium in großen Öfen zum Heizen verwandt!

Andere buken erstmal kleinere Brötchen:
Der Verein für Raumschiffahrt mit der MIRAK, der „Minimalrakete“, der ersten Flüssigtreibstoffrakete.
Die REPULSOR erreichte 1 km Höhe.

Raketenflugplatz, ca. 1930

Doch sowohl die Rakete als auch die Kernenergie zeigten ihre technischen Möglichkeiten erst kurz vor Beginn des WWII.
Das Interesse des Militärs sicherte zwar fast unbegrenzte Ressourcen für die Entwicklung, doch hat die Kernenergie das negative Image nie verloren.

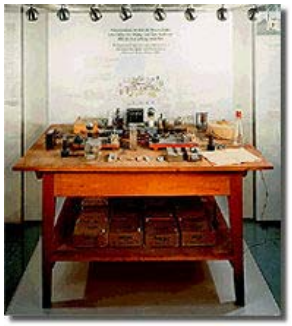
“Now I am become Death, the Destroyer of Worlds”
Ich bin die allesverschlingende Zeit und (bin) der Ursprung der Dinge, die sein werden;
Bhagavad-Gita 10:34 (Lehren des Gottes Krishna)

R.J. Oppenheimer, Trinity Test Site,16.7.1945

Und dann träumten wir von der Atomenergie, die uns endlich den Antrieb für den Flug in die Unendlichkeit des Raumes, zu den Sternen geben sollte. ***Dornberger in „V2“***

Nukleare ICBM statt Raumfahrt

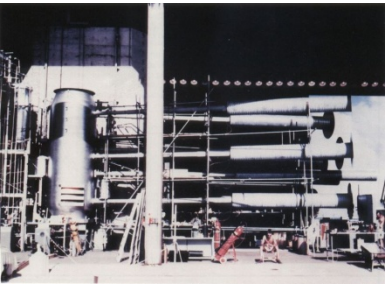
Die meisten Wissenschaftler sahen in der 1938 von Hahn/Strassmann entdeckten Kernspaltung jedoch **nicht die zerstörerische Seite, sondern eine paradiesische Zukunft für die Menschheit.**



Insbesondere der 1942 von Fermi erbaute erste Reaktor schien den Weg zu den Sternen zu eröffnen. Noch vor der ersten Explosion diskutierte man in den Labors den Einsatz der Spaltung für Luft- und Raumfahrt. In Los Alamos beteiligten sich daran z.B. Stan Ulam, Frederic de Hoffman, Fred Reines.

Auch in Peenemünde träumte man von der Atomenergie .

Nach anfänglicher Euphorie schliefen die Projekte um 1950 ein, die technischen Probleme schienen in naher Zukunft nicht lösbar.



Ivy Mike 31.10.1952
Ulam-Teller-Prinzip

Der überraschend schnelle Fortschritt der sowjetischen Kernwaffen- und Raketenentwicklung führte zu einem Wiederaufleben. Die ersten Wasserstoffbomben waren riesig, nicht beweglich. Testreihen 1956 ergaben zwar die Aussicht auf kleinere Bomben hoher Sprengkraft.
Die Projekte für Raketen wie die ATLAS kamen aber nicht recht voran und es war unsicher, ob sie ausreichen würden.
Um sicher zu gehen, beschlossen die amerikanischen Politiker und Militärs **sowohl chemische als auch nukleare Raketen** zu entwickeln.

Redwing Cherokee (20. Mai 1956) Sprengkraft 3,8 Mt, von B52 über Bikini abgeworfen

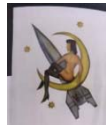
Effizienz von Antriebssystemen

Welcher Anteil der Treibstoffmasse kann maximal in Energie umgesetzt werden?

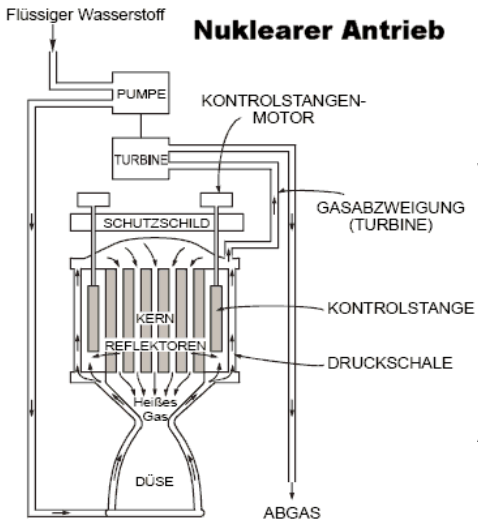
Diese Frage ist/war auch entscheidend bei der Suche nach der Energiequelle von Sternen. Die Anregung für diese Auflistung kommt daher aus Martin J. Rees' "Just Six Numbers: The Deep Forces That Shape the Universe". Nach Einsteins $E=mc^2$ können wir abschätzen, welcher Anteil der Treibstoffmasse in Energie umgesetzt wird, jedoch ohne die Verluste bei der Umwandlung in Antriebsimpuls zu berücksichtigen.

Reaktion	Freigesetzte Energie / Gesamtmasse
Chemisch (Knallgas)	$\approx 10^{-10}$
α-Zerfall (Pu-238 Nuklidbatterien)	$\approx 10^{-5}$
Kernspaltung	$\approx 10^{-3}$
Kernfusion (p-p-Zyklus)	$\approx 10^{-2}$
Annihilation (Materie-Antimaterie)	1

Die Sonne könnte mit chemischen Reaktionen 10.000 Jahre brennen, mit Fusion 10 Milliarden. Das gilt auch für Raketentriebwerke, mit chemischen Antrieben werden wir höchstens das innere Sonnensystem bereisen können.

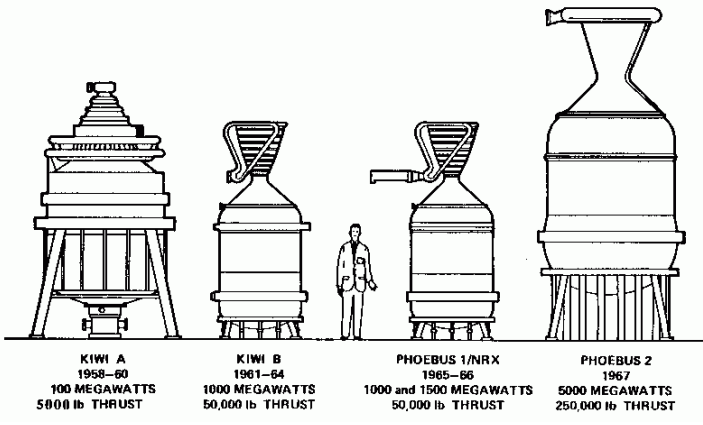


Thermonukleare Raketenantriebe



Schema des thermo-nuklearen Antriebs

Ein Weg zur Nutzung der Kern-spaltung für den Antrieb von Raketen wurde bis zu Triebwerktests auf dem Boden begangen. Dabei wird Gas über die Brennelemente geleitet, das sich stark erhitzt und durch die Düse austritt. Das Gas kann höhere Austrittsgeschwindigkeiten v_G als bei chemischen Reaktionen erreichen. Doch begrenzt die Temperatur-festigkeit der Reaktorteile die Geschwindigkeit. Für die Tests wurde flüssiger Wasserstoff eingesetzt, den man erst zur Kühlung verwendet.



Größenvergleich einiger Testreaktoren.

Alle nicht flugfähig!

PHOEBUS 2 war mit 5000 MW_{th} einer der größten je gebauten Kernreaktoren überhaupt.

Teststand in Nevada

Zwei Projekte gediehen bis zu Tests am Boden:

NERVA und PLUTO.

Tests in Nevada

Russische Radarsatelliten hatten teilweise Kernreaktoren an Bord zur Stromversorgung. Nach einem Absturz über Kanada mit Kontamination wurden die amerikanischen Tests eingestellt.

http://www.aemann.pwp.blueyonder.co.uk/spacecraft/nerva/nerva.html

Project NERVA

Nuclear **E**ngine for **R**ocket **V**ehicle **A**pplication

Flugfähiges Modell
Vorgesehen für Marsmission
auf einer Saturn IV.

1973 wurde ROVER nach geschätzten Kosten von 1,4 Mrd. $ (heutiger Wert etwa 5 Mrd. $) beendet.
Wiederbelebungen unter den beiden Bushs scheitern auch wiederum an den Kosten für die Irakkriege.

Ähnliche Entwicklungen gab es auch in der Sowjetunion. Gerüchteweise sollen extrem hohe Temperaturen im Reaktor erreicht worden sein, die z.B. für die Anwendung in einem Kugelhaufenreaktor interessant wären.
Mit dem Ende der SU starben auch diese Projekte 1990, ohne dass es eine Flugerprobung gab.

RD-410

Project PLUTO

SLAM – **S**upersonic **L**ow **A**mplitude **M**issile

Nukleare Super-V1

Das leistungsfähigste Modell Tory IIC hatte einen 500 MW Reaktor. 465.000 oxidische Brennstäbe in Hexagonalform waren von 27.000 Luftkanälen durchzogen. Der Reaktor wurde 1964 für 45 Sekunden betrieben. Der Schub von 170 kN hätte für Mach 3 gereicht. Doch in 45 Sekunden kommt ein „Cruise Missile“ nicht weit!

Man erreichte bei den nuklearen Tests spezifische Impulse von ca. 1000 s.
Kein gewaltiger Fortschritt gegenüber den 450 s eines Space Shuttles!

Die chemischen sowie die nuklearthermischen Triebwerke haben 2 limitierende Faktoren:
- **die freigesetzte Energie lässt sich nicht nicht beliebig erhöhen**
- **die Wärmebeständigkeit der Werkstoffe für Brennkammer und Düsen und die Kühlrate**

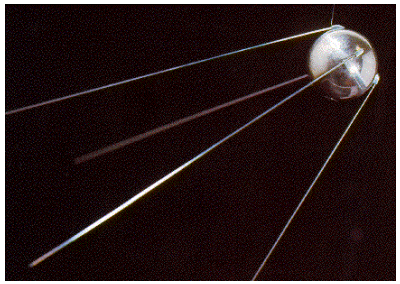
Externally-ignited **N**uclear **P**ulse **R**ocket

Der externe Pulsantrieb für Raketen wurde schon früh vorgeschlagen: 1881 von N. I. Kibaltschitsch (1854-1881) und 1891 von Hermann Ganswindt (1856-1934), Erfinder, die etwas zu früh geboren wurden. Nun werden beide durch einen Mondkrater verewigt.

Project ORION

Bomben haben eine große Zerstörungskraft. Deshalb kann man sie nicht wie bei einer chemischen Rakete in einer Brennkammer zünden und die “Gase” durch eine Düse auslassen und zum Antrieb verwenden.
Man zündet die Bomben außerhalb des Schiffes und lenkt eine Plasmawolke auf eine Prallplatte, die das Gefährt anstößt.
Als Prallplatte war in den ursprünglichen Plänen von Taylor/Dyson eine 15 cm dicke Stahlplatte mit dem Durchmesser 135 Fuß vorgesehen.
Um die Beschleunigungen für die Besatzung erträglich zu halten, war ein doppeltes Stoßdämpfer-system erforderlich, von dem niemand wusste, ob es funktionieren würde.
Und obwohl das etwa 100.000 Grad heiße Plasma während eines Raumflugs nur insgesamt **eine Sekunde** mit der Platte wechselwirken würde, konnte nicht geklärt werden, inwieweit die Platte dadurch erodiert würde.

Kibaltschitsch hatte seine Arbeit im Gefängnis kurz vor der Hinrichtung geschrieben. N. Rynin fand sie im Archiv des Innen-ministeriums und publizierte sie 1918 im historischen Magazin Былое *(Das Vergangene).*



Sputnik I 4.10.1957

Laika in Sputnik II
3.11.1957

12.4.61
Gagarin

Wie konnte solch ein Projekt Steuergelder finden?

Der Sputnik-Schock

Der Start der ersten sowjetischen Satelliten führte in der amerikanischen Öffentlichkeit zu der panischen Angst, im Kalten Krieg zu unterliegen. Jedoch war man nicht so weit zurück, doch viele Köche verderben den Brei!
Die ARPA und NASA hatten die Aufgabe, die vielen Programme zu koordinieren.
In diesem Klima, gepaart mit der damaligen Überzeugung, das Atom könne alle Probleme lösen (selbst Autos antreiben), wurden selbst die unwahrscheinlichsten Vorschläge gefördert.

31.1.1958
Explorer 1 auf Juno C
Eine Modifikation der Redstone, die ein Abkömmling der V2 war.

Ford Nucleon concept car, 1958

Bei General Atomic erinnerte man sich eines Vorschlags, den Stan Ulam nach manchen Quellen schon bald nach dem Trinity Test gemacht hatte:
Er wollte einen Atomsprengkopf mit einer Atombomben-explosion auf eine ballistische Bahn bringen.
1955 hatte er mit C.J. Everett ein „realistischeres“ Projekt in Los Alamos ausgearbeitet.
Am Tag von Sputnik II unterbreitete General Atomic:
„Note on the Possibility of Nuclear Propulsion of a Very Large Vehicle at Greater than Earth Escape Velocities“.
Nach intensivem Lobbying durch Ulam, Bethe, Teller genehmigte die ARPA 999750 $, da die eigentlich zuständige NASA noch nicht eingesetzt war.

20 Jahre später wurden einige Los Alamos Reports freigegeben. LAMS-1955 schlägt den „Externally-Ignited Nuclear Pulse“ Antrieb vor. Erwähnt werden ältere Reports von 1946 (Ulam) und 1947 (Reines, Ulam).

„On a Method of Propulsion of Projectiles by Means of External Nuclear Explosions“.
C.J. Everett, S.M. Ulam

LOS ALAMOS SCIENTIFIC LABORATORY
of the
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Report written:
August 1955

PUBLICLY RELEASABLE
Per B. Palatinus, FSS-16 Date: FSS-16: 95-179
By Ikolax, CIC-14 Date: 6-1-95

LAMS-1955 This document consists of 22 pages
c.1 No. 29 Series A

ON A METHOD OF PROPULSION OF PROJECTILES
BY MEANS OF EXTERNAL NUCLEAR EXPLOSIONS
PART I

VERIFIED UNCLASSIFIED
Per ASW 6-20-79
by By Marcia Ballegra 3-25-96

C. J. Everett
S. M. Ulam

The scheme proposed in the present report involves the use of a series of expendable reactors (fission bombs) ejected and detonated at a considerable distance from the vehicle, which liberate the required energy in an external "motor" consisting essentially of empty space. The critical question about such a method concerns its ability to draw on the real reserves of nuclear power liberated at bomb temperatures without smashing or melting the vehicle.

General proposals of this sort were first made by S. Ulam in 1946, and some preliminary calculations were made by F. Reines and S. Ulam in a Los Alamos memorandum dated 1947. More recently, an additional idea was advanced, which consists in placing between each bomb and the rocket a "propellant" consisting of water or some plastic, which will be heated by the bomb, and which will propel the vehicle during its subsequent explosive expansion. Some of the advantages of this proposal will be mentioned in the final section.

In diesem Report wird der Ulam-Teller-Mechanismus eingeführt: *„…placing between each bomb and the rocket a „propellant“ consisting of water or some plastic, which will be heated by the bomb,….“*

Interessante Umschreibung einer Atombombe: „expandable reactor“

http://orion.ttsw.com/orionpdf/**ulam**%201955EXT%20NUCLEAR%20350011.pdf

„Some Schemes for Nuclear Propulsion“ (März 1958)

This document consists of 21 pages
[redacted] 50 copies, Series A

LOS ALAMOS SCIENTIFIC LABORATORY
OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LOS ALAMOS NEW MEXICO

REPORT WRITTEN: March 1958

REPORT DISTRIBUTED: March 14, 1958

VERIFIED UNCLASSIFIED
Per NPA 6-20-79
By Marcia Dallegra 1-16-96

VERIFIED UNCLASSIFIED
UA 6/20/79

SOME SCHEMES FOR NUCLEAR PROPULSION

By

C. Longmire
F. Reines
S. Ulam

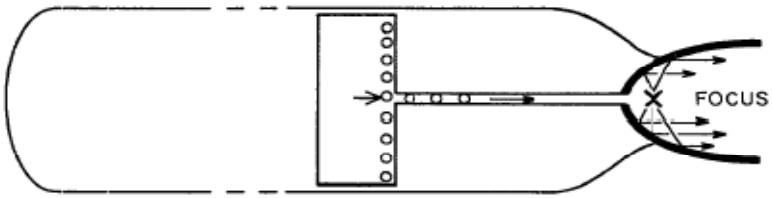
Classification changed to UNCLASSIFIED
by authority of the U. S. Atomic Energy Commission
By I.L. Cucchiara Chief Declass Br 10-13
By REPORT LIBRARY 10-18-73

Contract W-7405-ENG. 36 with the U. S. Atomic Energy Commission

This is an informal report which has been prepared for a special purpose. It is intended primarily for internal Los Alamos Laboratory circulation and is not considered suitable for general distribution.

PART I

C. Longmire and S. Ulam - Internal Explosions.



Frederick (Fred) Reines (1918-1998), Nobelpreis 1995 für Entdeckung des Neutrinos, hat sich auch mit der Anwendung der Spaltung in der Raumfahrt beschäftigt.

PART II

F. Reines - A gaseous Fission Reactor Rocket Motor.*

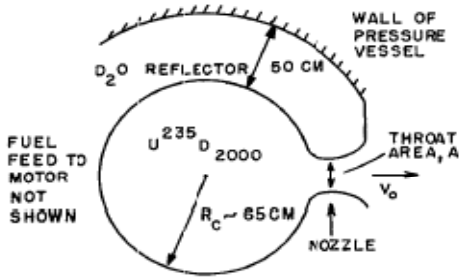


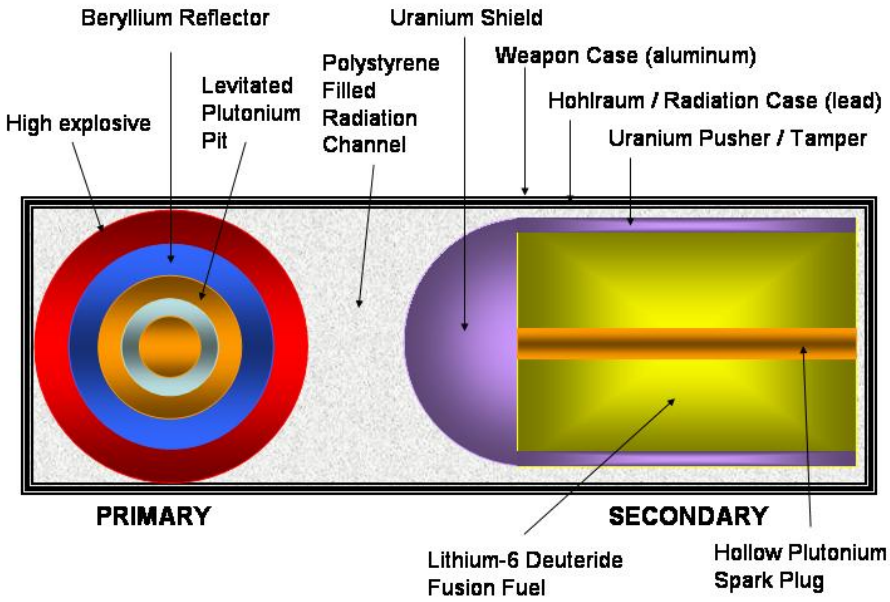
Fig. 1 Schematic of Initial Stage

http://www.sciencemadness.org/lanl2_a/lib-www/la-pubs/00339493.pdf

Ulam-Teller Mechanismus

Im luftleeren Raum des Alls würde eine Bombe keinen Antrieb liefern, sondern nur γ-Strahlung und Neutronen. Stan Ulam kam die Idee, dass sein Mechanismus zur Zündung einer Wasserstoffbombe ein Ausweg wäre. Am Beginn der Entwicklung der H-Bombe sah es so aus, dass die Schockwelle der Spaltbombe den Fusionsteil pulverisieren würde, bevor die Fusion stattfinden könne.

Edward Teller
1908-2003



ULAM – TELLER FUSION BOMB DESIGN

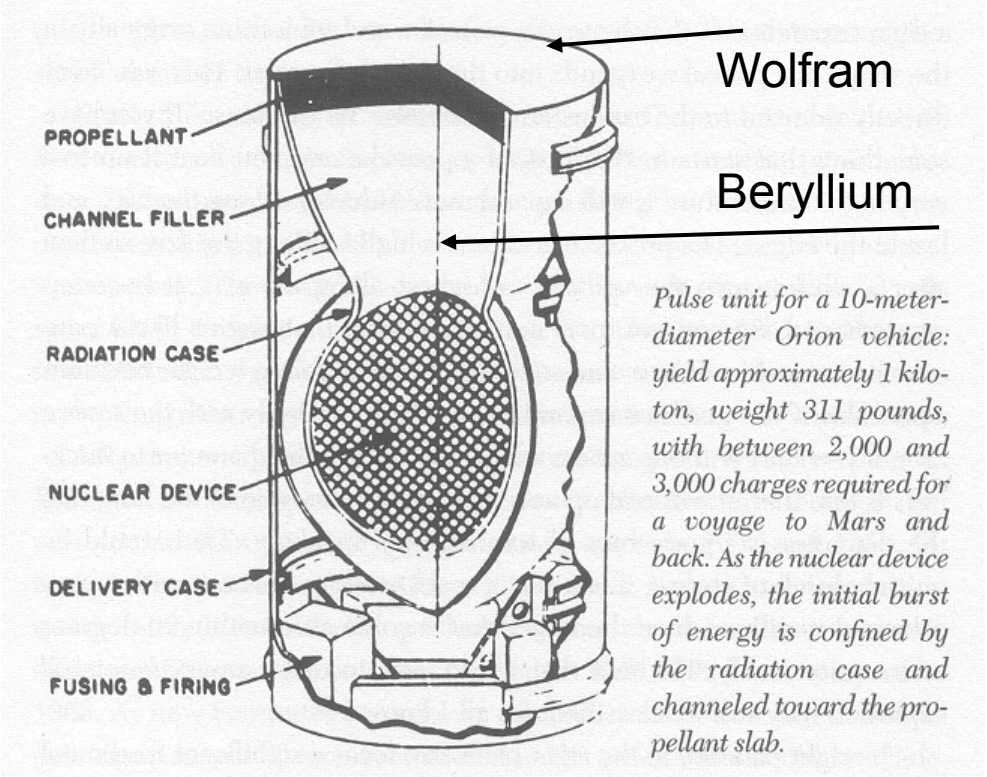
Stanislaw (Stan) Ulam
1909-1984

Ulam schlug vor, Material durch die Röntgen- und γ-Strahlen der Spaltbombe zu verdampfen und das entstehende Gas zur Kompression der H-Bombe zu verwenden. Die Strahlung ist schneller als die Schockwelle, sodass die Fusionsbombe zünden kann. Teller und de Hoffmann führten die Idee von Ulam dann aus. Die Absorption der Strahlung ist optimal für ein Gemisch leichter Elemente, wie in Polystyrol.
Für ORION wurde z.B. an Eis von den Jupitermonden oder Harnstoff gedacht.

Puls-Einheit für die Mars-Missionen mit NASA

In den ersten Plänen war vorgesehen, mit Atombomben vom Boden aus zu starten. Zur Zeit der atmosphärischen Tests machte man sich noch nicht allzuviel Gedanken über Strahlenexposition und mögliche Todesfälle durch Krebs. Später wollte man das ORION-Schiff als 2. Stufe einer Saturn einsetzen. Das erfordert **sehr kleine Sprengsätze wie bei Atomgranaten**.

Detaillierte Konstruktionspläne für diese Einheiten sind noch immer klassfiiziert. Zum einen will man nicht verraten, wie klein eine Bombe werden kann (Gefechtsfeldbomben), und zum andern soll die Technik der gerichteten Explosion geheim bleiben (Project Casaba-Howitzer, Star Wars). **[Doch siehe GOOGLE!]**



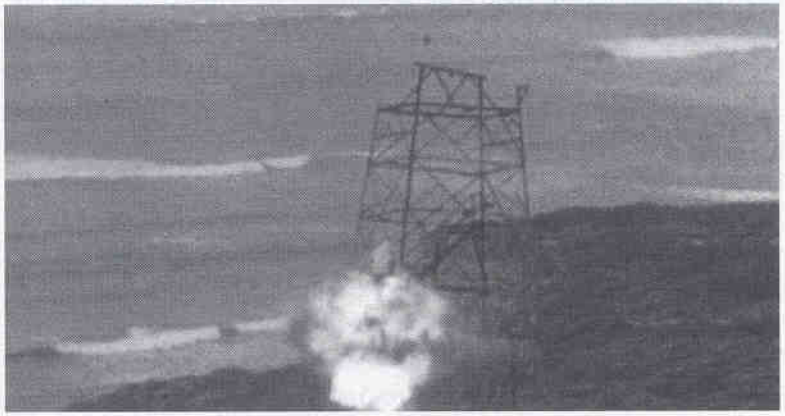
Pulse unit for a 10-meter-diameter Orion vehicle: yield approximately 1 kiloton, weight 311 pounds, with between 2,000 and 3,000 charges required for a voyage to Mars and back. As the nuclear device explodes, the initial burst of energy is confined by the radiation case and channeled toward the propellant slab.

Ted Taylor war Spezialist für Bombendesign, besonders interessiert an Mini-Bomben, wie dem W54-Typ, dessen Sprengkraft von ca. 15 bis 250 Tonnen TNT-Äquivalent ist.

http://de:wikipedia.org/wiki/Davy Crockett (Atomrakete)
Sie sollten sowjetische Panzerarmeen z.B. im „Fulda Gap“ stoppen. 2100 waren von 1961-71 im Truppeneinsatz.

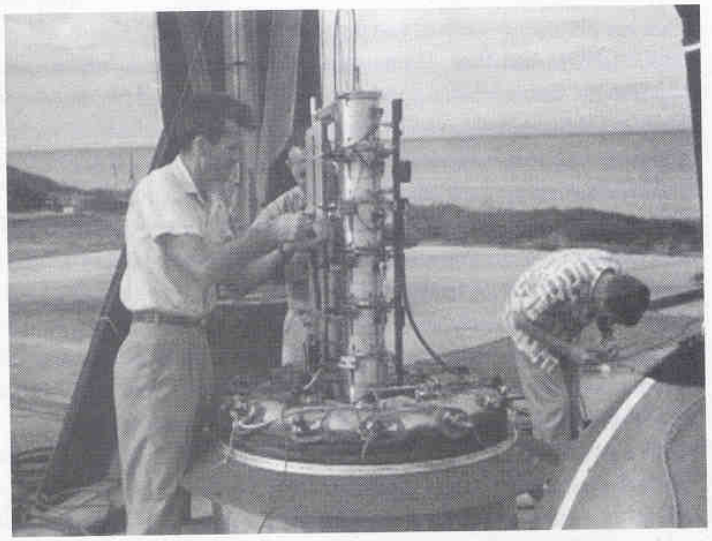
Für einen Marsflug wären ca. 3000 Einheiten mit etwa 1 kt Sprengkraft nötig gewesen. Die Explosionen wären im Sekundentakt erfolgt. Die überwiegende Zeit wäre das Schiff antrieblos gewesen.

Teststarts mit konventionellem Sprengstoff



Free flight of 1-meter, high-explosive-driven model, version 1, October 1959.

Der “Putt-Putt”-Antrieb



Richard Goddard, Walt England, and W. B. McKinney preparing the 1-meter model for flight.

Das Magazin fasste 6 Sprengladungen.

Freeman Dyson (carrying briefcase) at the Point Loma test site, summer 1959. Clockwise from top, surrounding the meter model: Ed Day, Walt England, Brian Dunne, Perry Ritter, Jim Morris, Michael Feeney, W. B. McKinney, Michael Ames.

Als Theoretiker hält man lieber einen Sicher-heitsabstand ein.

Alternative: Kernfusion

Projekt Daedalus

1973-8 ließ die British Interplanetary Society eine Gruppe junger Ingenieure untersuchen, ob man mit in naher Zukunft zur Verfügung stehender Technik eine unbemannte Sonde in einem Menschenalter zu einem Vorbeiflug eines nahen Sterns schicken könnte. Als Ziel wählte man Barnards Pfeilstern, da man damals Planeten entdeckt hatte. Doch was bedeutet das für die Geschwindigkeit?

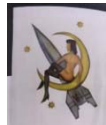
Abstand:	5.97 Lj oder	377.543 AE oder 56.482.000.000.000.000 km
Flugzeit:	40 Jahre	oder 1.262.000.000 s
Geschwindigkeit:	44.760 km/s	15% der Lichtgeschwindigkeit

Die Nutzlast sollte 600 t betragen, darunter zwei 5m-Spiegelteleskope, die beim Anflug die Planeten lokalisieren sollten, damit man gezielt Sonden absetzen konnte. Vorgesehen waren auch Reparaturroboter.

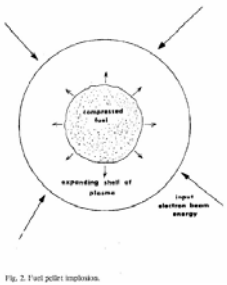
Die nötige Energie kann nur durch Kernreaktionen freigesetzt werden, sei es durch Kernspaltung oder besser noch durch Kernfusion. In den 60igern hatte man in den USA Kernspaltung in mehreren Varianten untersucht, doch ohne zufriedenstellende Ergebnisse.
Ein “utopisches” Projekt wollte hinter einer Scheibe von 150 km Durchmesser 10 Millionen Wasserstoffbomben zünden, um ca. 3 % Lichtgeschwindigkeit zu erreichen.

Unrealistisch! Doch einige Ideen sind brauchbar:

- Kernfusion (aber nicht mit Wasserstoffbomben)
- Zünden außerhalb des eigentlichen Schiffes



Inertialkompression: Miniaturisierung der Wasserstoffbombe



Brennstoff (Deuterium und Helium-3) ist in kleinen Kügelchen eingeschlossen, die mit Elektronen, Ionen oder Laserlicht konzentrisch beschossen werden. Die äußere Hülle verdampft und der Rückstoß komprimiert das Zentrum so stark, dass Kernfusion erfolgt. Dies ist schon gelungen, doch mit Anlagen der Größe von Fabrikhallen.

D-T-Fusion für Kraftwerke setzt 1 Neutron frei, das Strahlenschäden bewirken könnte.

Für Daedalus waren Elektronenstrahlen vorgesehen. Magnetfelder sollten zum einen das Plasma von den Wänden fernhalten und noch zusätzlich beschleunigen. Induktionsschleifen sollten den Strom für das Schiff gewinnen.

Mit 250 Explosionen pro Sekunde, einem Zweistufenkonzept und einer Brenndauer von 4 Jahren ergibt sich ein Bedarf von etwa 50.000 Tonnen Treibstoff. *(Das Schiff muss dann noch schwerer sein!)*

Doch woher nehmen?

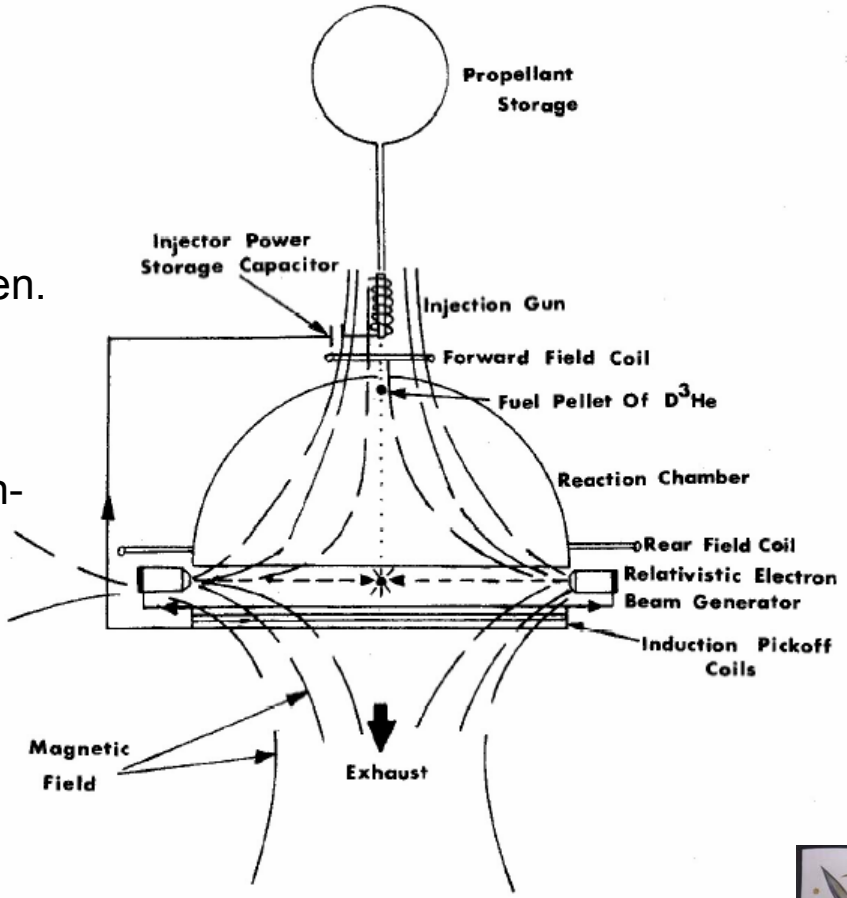
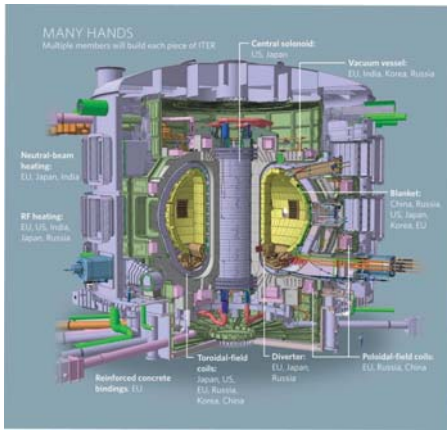


Fig. 1. Schematic diagram of Daedalus propulsion system.

Verfügbarkeit der Rohstoffe für die Kernfusion

Das Project Daedalus sah 50.000 t Treibstoff vor, Deuterium und ^{3}He.
1978 war man überzeugt, dass die Kernfusion in naher Zukunft realisiert würde.



In internationaler Kraftanstrengung soll der Reaktor ITER (wiederum in naher Zukunft) die technische Realisierung eines Kraftwerkes aufzeigen. Er wird Deuterium mit Tritium verschmelzen.

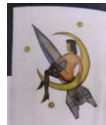
Der Torus hat 840 m^3 und enthält 0,5 g D-T Gemisch, also ein gutes Vakuum. Bis der Reaktor selbst Tritium erbrütet, wird er 10 kg verbrauchen.

Doch wie steht es mit den Kosten und der Verfügbarkeit?

Deuterium	5$/g	Extraktion aus Meerwasser
Tritium	30.000$/g	z.B. D_2O moderierte Reaktoren; $T_{1/2}$=12 Jahre
He-3	4.000$/g	aus radioaktivem Zerfall des Tritiums

Kanadischer ziviler Vorrat an Tritium wird auf ca. 20 kg geschätzt.
Der geschätzte Weltvorrat an He-3 (beim Militär) beträgt einige 100 kg.

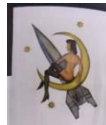
Für fusionsangetriebene Raumschiffe ließe sich das Deuterium wohl beschaffen, doch sowohl Tritium als auch He-3 erfordern nicht nur astronomische Kosten. He-3 ist z.B. im Regolith auf der Mondoberfläche vorhanden, die Gewinnung aus der Jupiteratmosphäre scheint doch sehr utopisch.



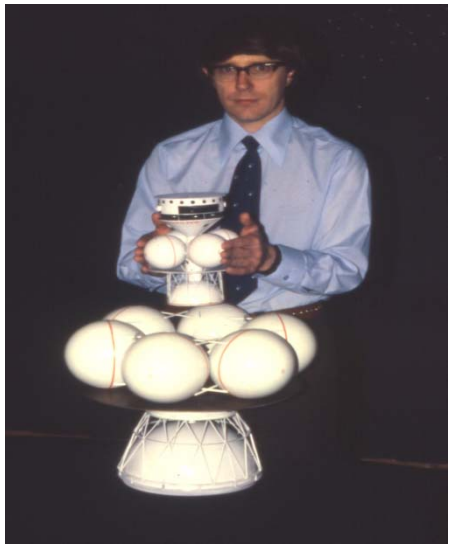
Explodierende Kostenschätzungen werden das Projekt um Jahre verzögern:

- **eine abgemagerte Version (vielleicht) 2018**
- **Kraftwerk (mehr Energie erzeugt als hineingesteckt) 2025**

Diskussion dieser Notpläne morgen (18.6.09) in Tokio.



Ist die Studie heute noch von Bedeutung?



Projektleiter Alan Bond
Die untere Düse/Antenne hat ca. 50 m Durchmesser.

Beschaffung des Brennstoffs:

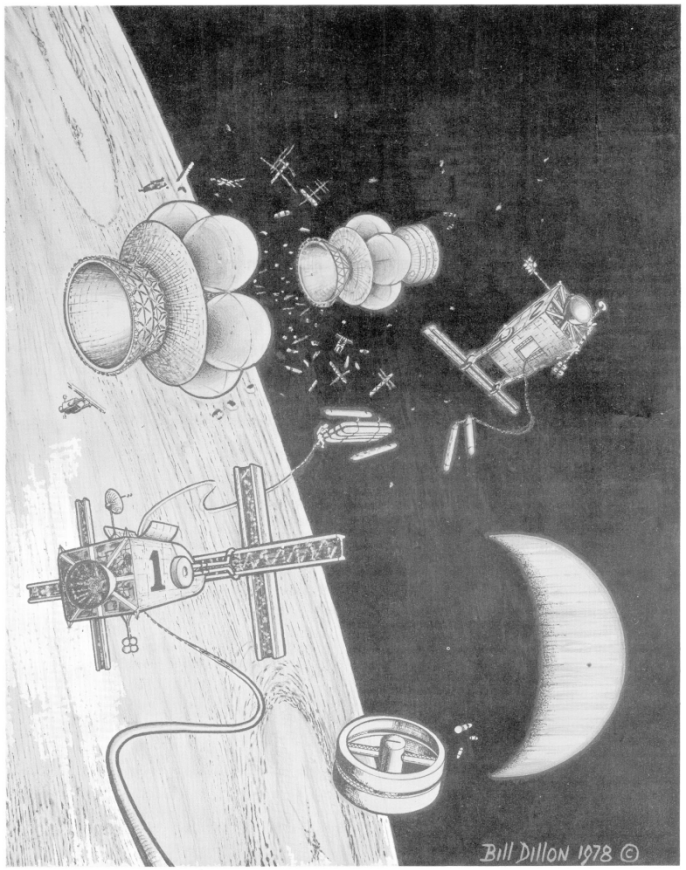
Ballongetragene Anlagen in Jupiteratmosphäre vorgesehen.
Bedarf künftiger Fusionsreaktoren vom Mond?

Künstliche Intelligenz:

Steuerung von Erde unmöglich, Sonde muss autark arbeiten.
Wird schon für Missionen erprobt, wie bei "Deep Space 1"

Zuverlässigkeit von Hard- und Software:

Systeme müssen 50 Jahre lang funktionieren ohne Reparatur.
Da bleibt noch einiges zu tun.



A starship takes shape in orbit around Callisto. A New Frontier is about to open.

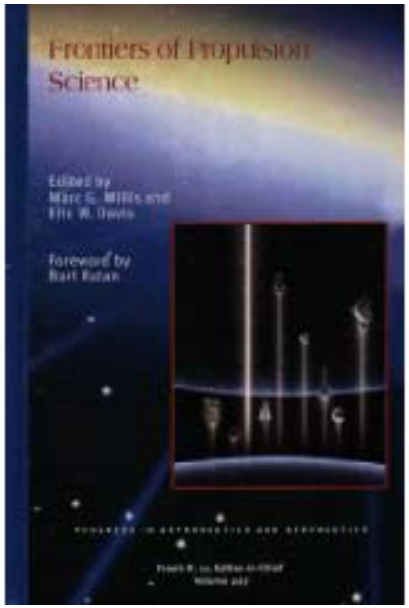
Zusammenbau am Jupitermond Callisto

Die "nahe Zukunft" von 1978 liegt doch (leider) in fernerer Zukunft.

Project Daedalus Study Group: A. Bond et al.,
"Project Daedalus - The Final Report on the BIS Starship Study", JBIS (Interstellar Studies), Supplement 1978

NASA Breakthrough Propulsion Physics (BPP) Project

"This research falls within the realm of *physics* instead of *technology*, with the distinction being that physics is about uncovering the laws of nature while technology is about applying that physics to build useful devices. Since existing *technology* is inadequate for traversing astronomical distances between neighboring stars (even if advanced to the limit of its underlying physics), the only way to circumvent these limits is to discover new propulsion *physics*. The discovery of new force-production and energy-exchange principles would lead to a whole new class of technologies. This is the motivation of breakthrough propulsion physics research."



Frontiers of Propulsion Science
Marc G. Millis, Eric W. Davis (Editors)

1996-2002 finanzierte die NASA Forschungen in die physikalischen Grundlagen zukunftsweisender Antriebstechnologien mit 1,6 Mio $. Einige der dabei veröffentlichten wissenschaftlichen Artikel wurden gerade in einem Sammelband zusammengefasst.
Ein Zwischenbericht findet sich unter
http://www.grc.nasa.gov/WWW/bpp/2005-J_ANYAS_AssessBPP.pdf
[2003 wurde die Finanzierung eingestellt.]

Imminente Durchbrüche wurden bisher nicht erzielt, doch konnte man sie realistischerweise auch nicht erwarten.
Die eingesetzten Mittel sind bescheiden, die NASA will wohl nur sicherstellen, dass sie keinen Durchbruch verpasst.

http://www.grc.nasa.gov/WWW/bpp/index.html

Encyclopedia of Astrobiology, Astronomy and Spaceflight: Advanced Propulsion Concepts
http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/advanced_propulsion_concepts.html

Energieerfordernisse

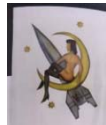
Energie für eine 50 jährige Reise zu einem 5 LJ entfernten Stern einer Sonde mit 5 Tonnen Masse. Vorteil eines “Space drives”, d.h. eines Raumschiffes, das die umgebende Raum-Zeit manipuliert.
Zum Vergleich: Die totale Energieproduktion der Sonne beträgt $3{,}846*10^{26}$ W.

TABLE 1. Comparison of deep space mission energy requirements

	Specific Impulse	Mission Type	Joules Required	Space Drive Improvement
Space drive		flyby	2.3×10^{18}	
		rendezvous	4.5×10^{18}	
Rockets				
laboratory limit[14]	17,200 sec	flyby	10^{91}	10^{72}
		rendezvous	10^{168}	10^{149}
non-relativistic upper limit	3,000,000 sec	flyby	3.8×10^{18}	1.7
		rendezvous	1.5×10^{19}	3.2

[14] An actual high value achieved during electric propulsion laboratory tests.

http://www.grc.nasa.gov/WWW/bpp/2005-J_ANYAS_AssessBPP.pdf



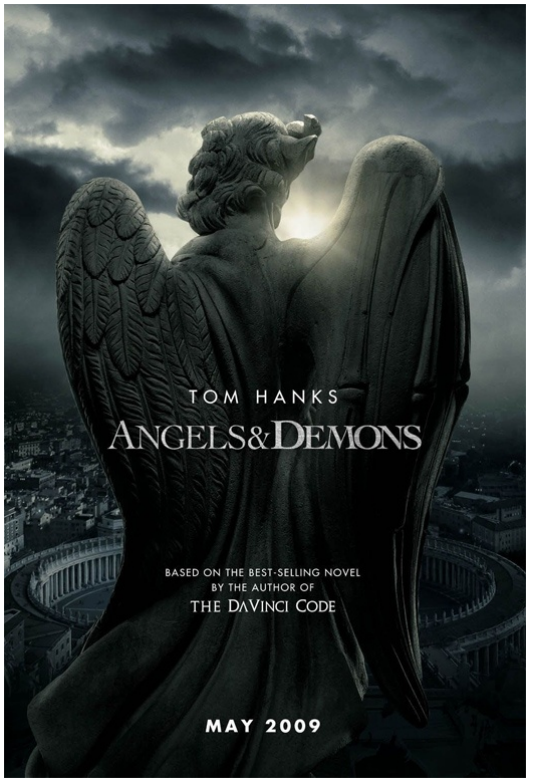
Antimaterie

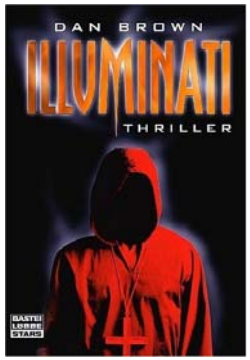
Antimaterie im Film “Illuminati”

Statue von Shiva Nataraja neben Verwaltungsgebäude des CERN, das im Roman vorkommt.

In den meisten Science Fiction Werken wird als ultimative Energiequelle die Zerstrahlung von Materie und Antimaterie verwandt (wie z.B. in Startrek).
Bis jetzt konnten nur wenige Atome Anti-Wasserstoff erzeugt werden, unter erheblichem Energieaufwand.

Vielleicht können in Zukunft größere Mengen produziert und auch gespeichert werden.
Und hoffentlich dienen sie dann nicht wie zuvor Kernspaltung und -fusion zuerst wieder militärischen Anwendungen wie die Antimateriebombe in “Illuminati”.





Solar-elektrische Antriebe: Ionen-, Plasmaantriebe

Elektrische Antriebe wurden schon von Oberth erwogen, um höhere Austrittsgeschwindigkeiten zu erreichen. Sie haben einen geringen Schub, können aber über lange Zeiten betrieben werden. Die Sonden Deep Space 1 und SMART waren die ersten, die Ionentriebwerke als Hauptantrieb verwandten. Zurzeit ist DAWN unterwegs zu Ceres und Vesta und BepiColombo soll zum Merkur fliegen. Trotz Planeten-Swing-bys werden die Reisen mehrere Jahre dauern. Die Bremsmanöver zum Einfangen in die Orbits müssen durch chemische Triebwerke erfolgen, die als Treibstoff Hydrazin bzw. MHN/MON3 verwenden.

100 kW Prototyp: „Institut für Raumfahrtsysteme“ Stuttgart.

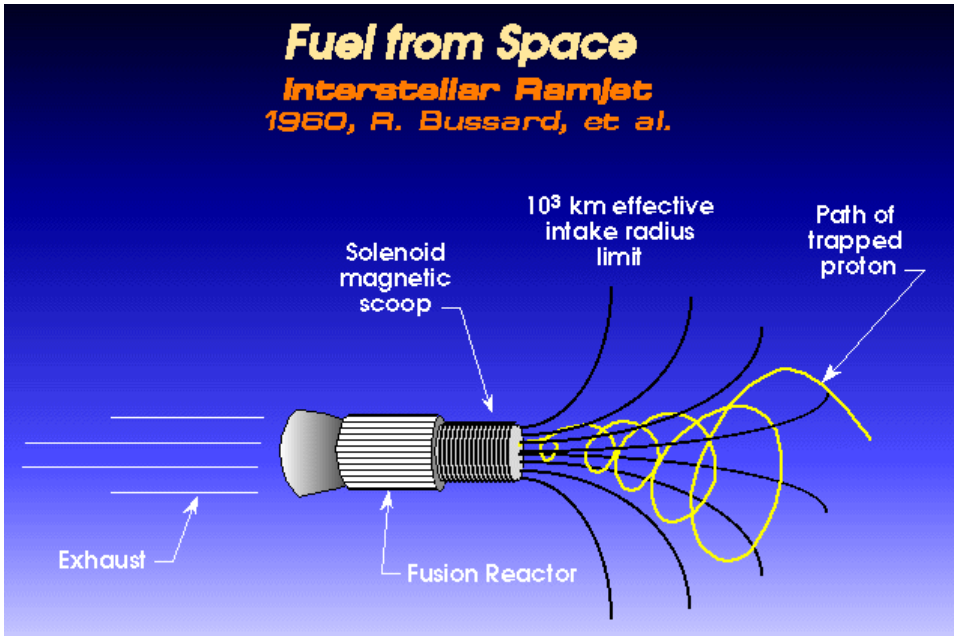
Antriebe mit höherem Schub lassen sich bauen, doch können die Sonnenkollektoren nicht beliebig vergrös-sert werden. Das gilt insbesondere, wenn man sich von der Sonne entfernt.
Die elektrische Energie müsste aus Kernkraft gewonnen werden, zumindest im Augenblick nicht opportun.

Die Hälfte der Solarzellen der Dawn
10 kW bei 1AE, 1 kW bei Ceres

JIMO (Jupiter Ice Moons Orbiter) sollte mit einem nuklear-elektrischen Antrieb gebaut werden, doch fiel er Budget-Kürzungen zum Opfer.

Wohl auch nichts für interstellare Flüge!

Bussard Interstellar Ramjet

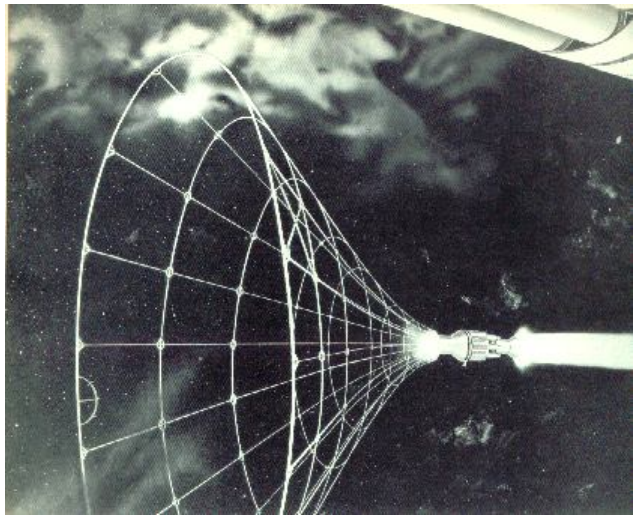


Während Bussard in Los Alamos am Projekt Rover arbeitete, entwickelte er 1960 die Idee einer interstellaren "Super-V1":

Das Raumschiff sollte den Treibstoff (Wasserstoff) während des Fluges aufsammeln und fusionieren.

Da sich (in der lokalen Blase) nur 1 H in einem cm^3 befindet , müsste er einen Trichter mit einer Öffnung von 10.000 km^2 verwenden.

Völlig illusorisch!



Es wurde daher vorgeschlagen, die H_2-Moleküle mit einem Laser zu ionisieren und dann mit einem magnetischen "Trichter" in den Fusionsreaktor zu leiten.
Leider kann man sich (heute) kein Material vorstellen, dass die gewaltigen auf die Magnetstrukturen wirkenden Kräfte aushält.
Und überdies hat noch niemand versucht, einen Fusionsreaktor mit Wasserstoff zu entwickeln.

In Star Trek haben die Schiffe Bussard-Kollektoren.

Dr. Robert W. Bussard (1928-2007) arbeitete in den letzten Jahrzehnten an neuen Konzepten für die Nutzung der Kernfusion in von ihm gegründeten Labors.

Sonnensegel - Sonnenlicht

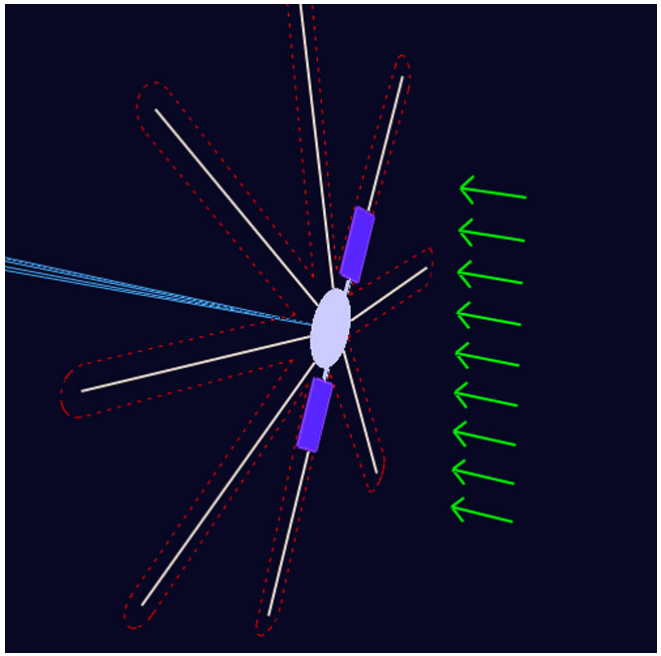
Seit vielen Jahren wird allerorts an Sonnensegeln geforscht. Es gibt Zweifel, ob sie funktionieren.
Deshalb wäre ein Versuch im Orbit unbedingt erforderlich.
2004 testete Japan das Entfalten bei einem Suborbitalflug.
Seitdem scheiterten alle Versuche durch das Versagen der Trägerraketen: Juni 2005 startete die nichtstaatliche Planetary Society ihren Cosmos 1 Satelliten von einem russischen Uboot aus, und im August versagte eine Falcon mit dem NanoSail-D der NASA.

Suborbitalflug 2004

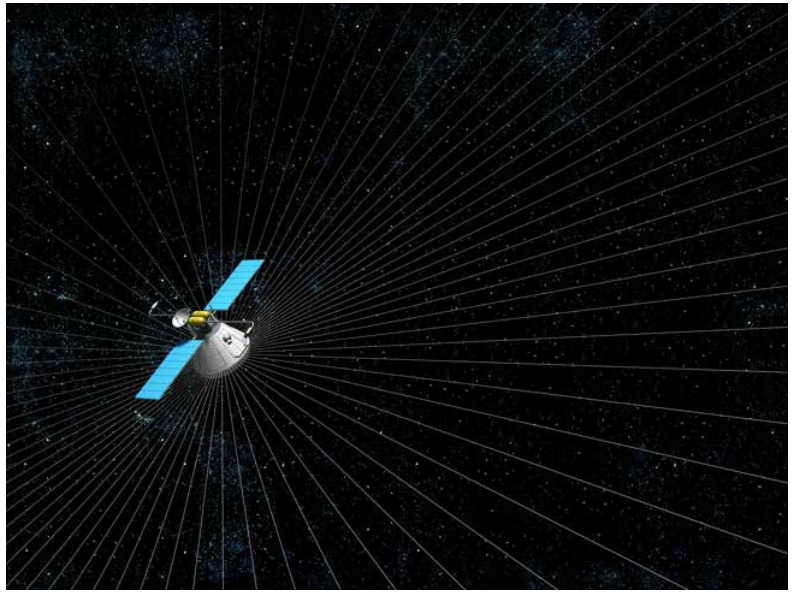
NanoSail-D

Für interstellare Flüge müsste man die Segel mit gigantischen Laserkanonen bestrahlen. Wenig realistisch.

Sonnensegel - Sonnenwind



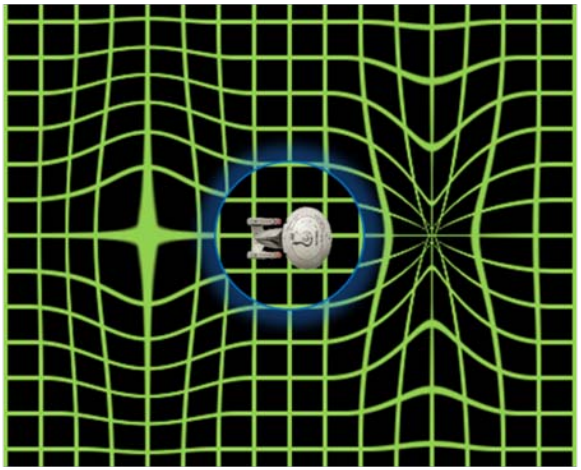
Es gibt nun den Vorschlag, statt dem Sonnenlicht den Sonnenwind zu benutzen. Die Teilchen sind elektrisch geladen. Das “Segel” besteht aus einem Spinnennetz von Drähten, die durch einen Laser-strahl (blauer Strahl) aufgeladen werden. Die (grünen) Partikel des Sonnenwinds wechselwirken mit den elektrischen Feldern des Drahtnetzes.



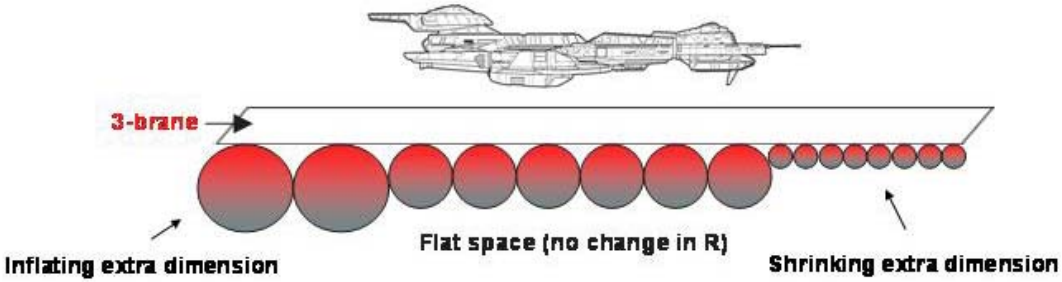
Der Sonnenwind reicht zwar bis zur Heliopause in etwa 100 AE Entfernung, doch bis zum nächsten Stern ist es dann noch sehr weit.

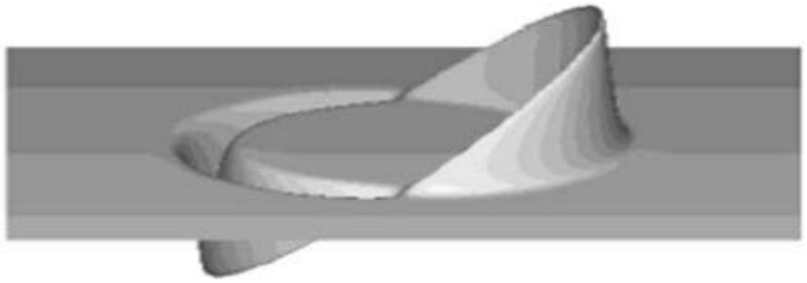
Wohl auch nicht geeignet.

Die Alcubierre-Metrik



Der Warp-Drive wird in STAR TREK nur vage beschrieben. 1978 schlug Jesco von Puttkammer als fiktive Methode eine Stauchung der Raumzeit vor dem Schiff und eine Streckung dahinter vor. 1994 veröffentlichte der mexikanische Physiker Miguel Alcubierre ein hypothetisches Verfahren, eine wellenförmige Stauchung der Raumzeit zu erzeugen, die an Puttkammers Idee erinnert.





Basierend auf einer 11-dimensionalen Version der Stringtheorie (M-Theorie) glauben amerikanische Physiker, dass der Alcubierre Warp Drive durch Manipulationen der Dunklen Energie realisiert werden könnte.
Abgesehen davon, dass noch keine Stringtheorie experimentell überprüft werden konnte, schätzen die Physiker ab, dass mit dem Energieäquivalent von Jupiter ein Schiff 10 m weit fliegen könnte.

Zeitmaschinen ?

Kurt Gödel zeigte 1949, dass in einem rotierenden Universum “geschlossene zeitartige Kurven” möglich sind (vulgo Zeitreisen). Nach heutiger Kenntnis rotiert das Weltall nicht, doch sind lokale Realisierungen (Zeitmaschinen) möglich?

PHYSICAL REVIEW D VOLUME 9, NUMBER 8 15 APRIL 1974

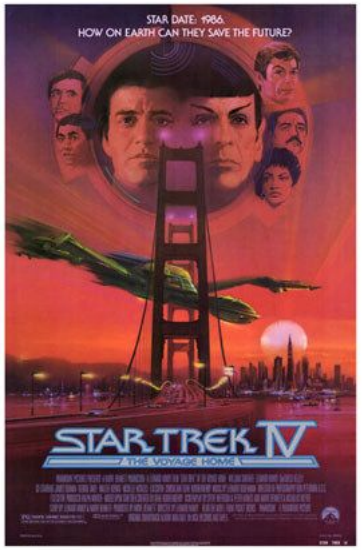
Rotating cylinders and the possibility of global causality violation *

Frank J. Tipler
Department of Physics and Astronomy, University of Maryland, College Park, Maryland 20742
(Received 6 November 1973)

In 1936 van Stockum solved the Einstein equations $G_{\mu\nu} = -8\pi T_{\mu\nu}$ for the gravitational field of a rapidly rotating infinite cylinder. It is shown that such a field violates causality, in the sense that it allows a closed timelike line to connect any two events in spacetime. This suggests that a finite rotating cylinder would also act as a time machine.

1977 “borgte” sich der SciFi-Autor Larry Niven den Titel für eine Kurzgeschichte.
Darin wird ein “Tipler-Zylinder” aus 100 aneinandergereihten Neutronensternen gebaut. Zur Erhaltung der Kausalität scheitert das Projekt jedoch.

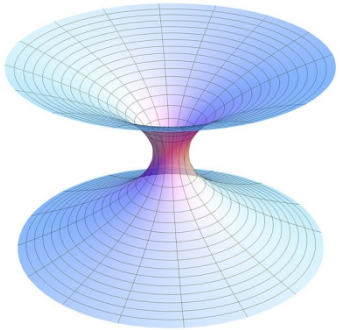
Die Zeitsprünge in “StarTrek IV: Zurück in die Gegenwart” basieren auf diesem Prinzip. Die Sonne dürfte jedoch viel zu klein dafür sein, selbst wenn man mit Warpgeschwindigkeit die Sonne umrundet.



Eine Zeitreise führt an den gleichen Ort zurück, nicht zu fernen Planeten.

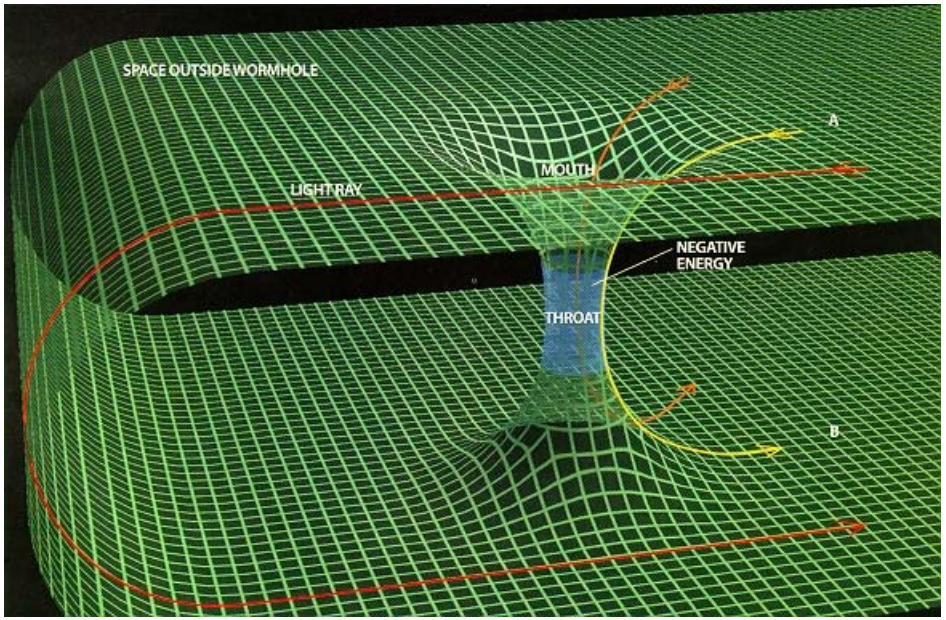
Wurmlöcher

In Science-Fiction Romanen/Filmen werden gerne zur Beschleunigung der Handlung Wurmlöcher eingesetzt.
Sie gehen auf einen Artikel von Einstein und Rosen 1935 zurück.
Die Einstein-Rosen-Brücken sollten Schwarze mit Weißen Löchern verbinden. 1962 zeigten Wheeler/Fuller, dass die Brücken instabil sind, nichts kommt durch, nicht mal ein Lichtstrahl.



Einstein-Rosen-Brücke

1988 zeigten Thorne/Morris die Möglichkeit durchlässiger Wurmlöcher auf (mit Hilfe “exotischer” Materie).
In Stringtheorien könnten sie sogar verschiedene Universen verbinden.

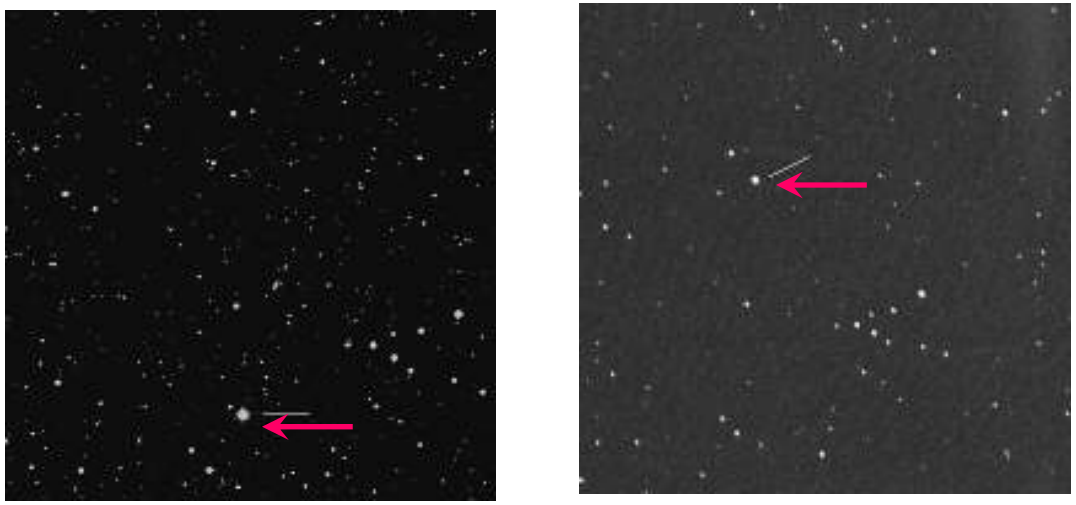


Selbst Reisen mit Überlichtgeschwindigkeit und Zeitreisen scheinen möglich.
(Die Überlichtgeschwindigkeit ist möglich, da die Spezielle Relativitätstheorie nur lokal gilt.)

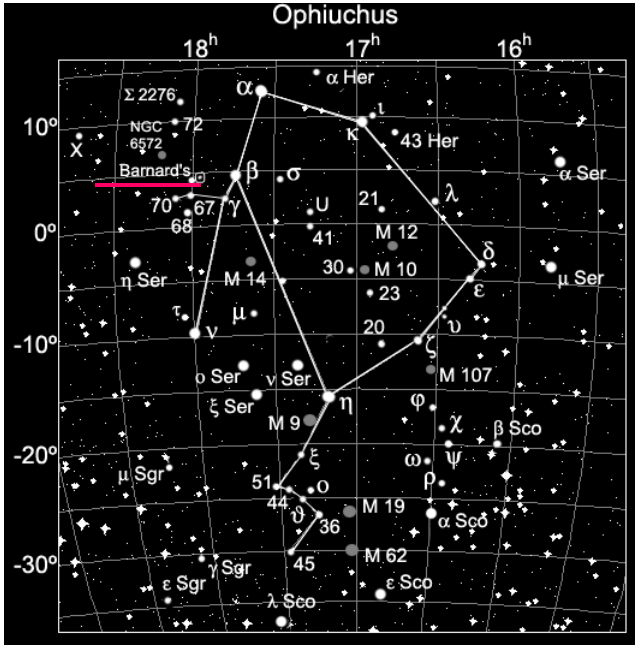
In absehbarer Zukunft werden wir jedoch keine Wurmlöcher machen können.

Doch etwas Geduld kann von Vorteil sein

Weshalb hat der Stern BD+4°3561a den Beinamen “Barnards Pfeilstern”?

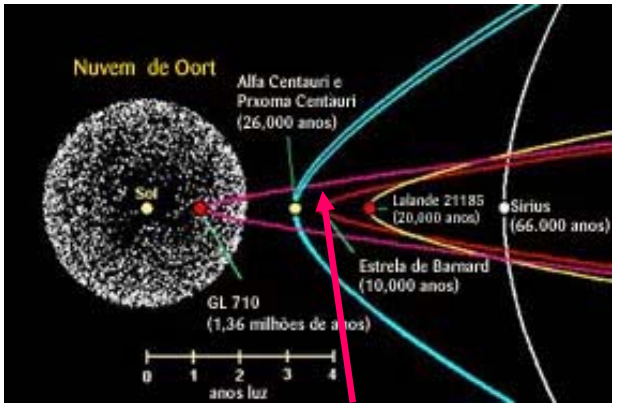


Eigenbewegung von Barnards Pfeilstern:
links 1950, rechts 1997



In den Sommermonaten mit einem Fernrohr sichtbar nahe 66 Oph.

1916 bemerkte E.E. Barnard die Verschiebung dieses “Schnell-läufers” gegenüber den Hintergrundsternen. *(Ein halber Mond-durchmesser in der Lebenszeit eines Menschen!)*
Kombiniert mit der Blauverschiebung findet man, dass sich der Stern der Sonne mit ca. 140 km/s nähert.
Um AD 11.800 beträgt der Abstand nur noch 3,8 Lj.



Barnards Stern

Bis dahin haben wir vielleicht auch ein superschnelles Raumschiff.

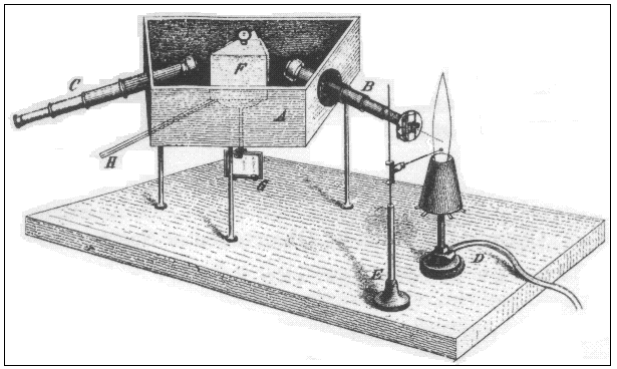
Was die Sterne sind, wissen wir nicht und werden es nie Wissen!

Heinrich Wilhelm Dove, um 1860

Doch müssen wir hinfliegen, um extrasolare Planeten zu studieren?

Kirchhoff und Bunsen

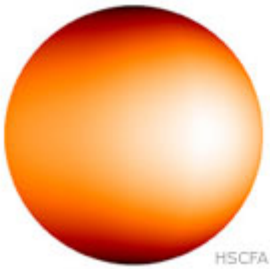
Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war die Wissenschaft überzeugt, dass man **nie** herausfinden wird, aus welcher Materie die Himmelskörper bestehen.
Auch die Exoplaneten müssen wir bis auf weiteres mit den klassischen Mitteln der optischen Spektroskopie untersuchen.
Allerdings erfordert das die Weiterentwicklung der Techniken, da das Licht der Sterne das schwache, reflektierte Licht der Planeten überstrahlt.



1860. ANNALEN No. 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CX.

I. *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen;*
von G. Kirchhoff und R. Bunsen.

pp. 161 - 189



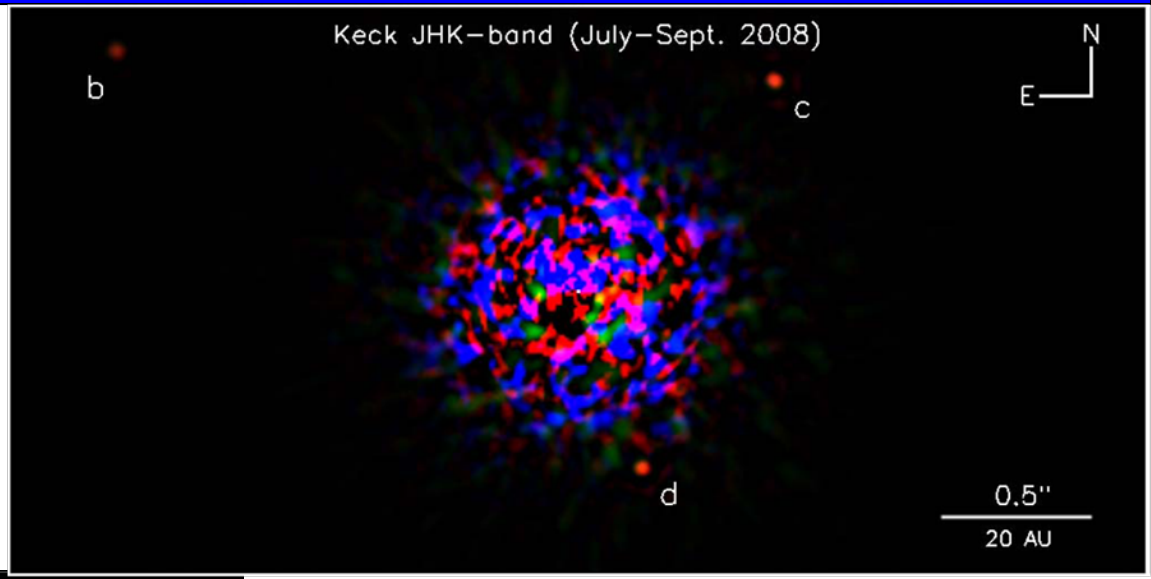
HD189733b

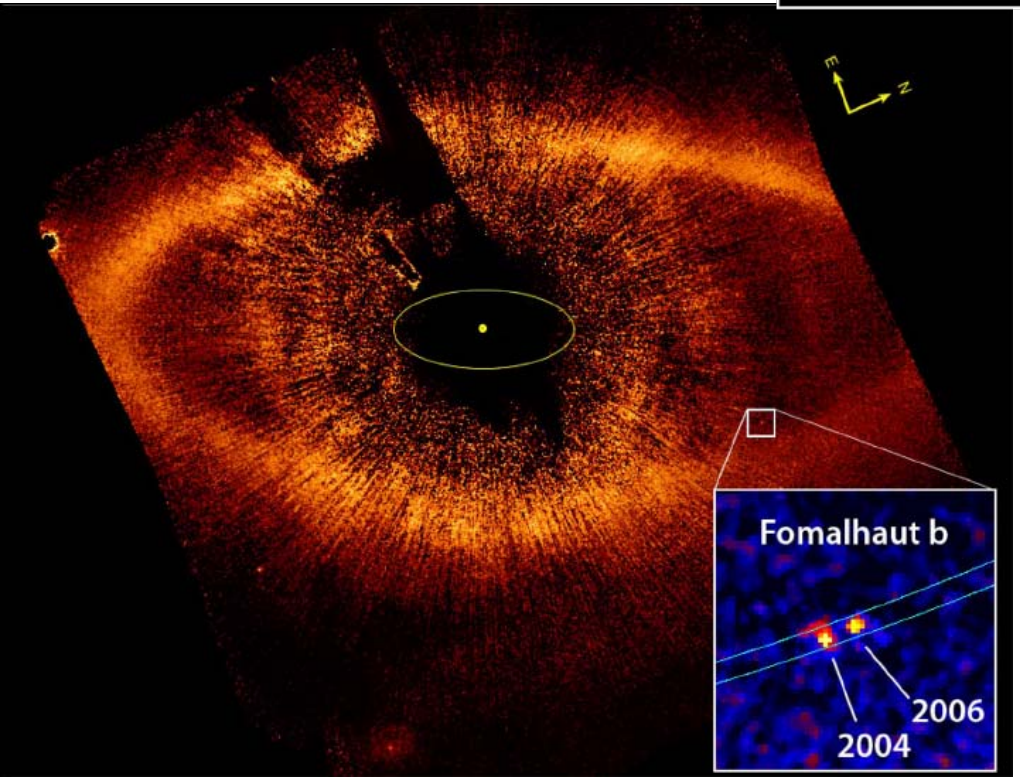
Zur völligen Überraschung der Fachleute konnten mit dem Spitzer Infrarotteleskop der NASA erste Spektren aufgenommen werden. Die “Hot Jupiters” enthielten kein Wasser, doch zeigten sich Hinweise auf Silikatkörner.
Im Fall des Planeten HD189733b gelang sogar eine noch sehr sehr grobe Kartierung der oberen Atmosphäre.

Mit neuen Instrumenten hofft man Zeichen von Leben auf erdähnlichen Planeten zu finden.

Erste Aufnahmen von Exoplaneten

Infrarotaufnahme des Planeten-systems um HR8799 in PEGASUS
Stern <100 Mill. Jahre





Formalhaut B hat einen Abstand zum Zentralstern von ca. 120 AE
Die Staubscheibe hat sich noch nicht aufgelöst, d.h. das System ist sehr jung.

Zusammenfassung und Aussicht

- Wir wissen jetzt, dass es weitere Planetensysteme gibt, auch wenn sie nicht ganz unseren früheren theoretischen Erwartungen entsprechen.
- Eine “Zweite Erde” wartet noch auf die (baldige ?) Entdeckung.
- Die Frage, ob wir diese Welten aufsuchen sollen, muss noch nicht beantwortet werden.
- Mit unserer augenblicklichen Technologie können wir in vertretbaren Zeiten nicht einmal unbemannte Sonden dahin schicken.
- Die heute wieder viel diskutierte Kernenergie (Klimawandel) scheint uns auch nicht zu den Sternen zu bringen.

Eine Randbemerkung: Anfang der 60’iger wollte man die nuklearen Raketen auf eine Saturn-Rakete setzen. Der geplante Nachfolger ARIES V wird wieder dafür vorgeschlagen. Alles kehrt wieder!

- Man sollte eh nicht den 2. Schritt vor dem 1. tun!
  Die Erforschung der Exoplaneten mit den klassischen Mitteln der Spektroskopie stellt eine große Herausforderung für die Astronomen dar, doch mit den Erfahrungen der letzten 150 Jahre ist es eine lösbare Aufgabe.

Nächster Vortrag

Dienstag 23. Juni 2009 um 19:30

Völlig losgelöst… Weltraumteleskope

Dr. Otmar Nickel

Astronomische Arbeitsgemeinschaft Mainz